*№ 11 (65) ▪ 2017*
*Часть 4 ▪ Ноябрь*

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ

# *INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL*

**ISSN 2303-9868 PRINT**
**ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2017

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ**
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ**
**INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL**
**ISSN 2303-9868 PRINT**
**ISSN 2227-6017 ONLINE**

Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, д. 4, корп. А, оф. 17.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org

Подписано в печать 18.11.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26242.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ", 623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

**№ 11 (65) 2017**
**Часть 4**
**Ноябрь**

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris.**

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217.**

**Члены редколлегии:**
**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.
**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.
**Педагогические науки:** Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. Наук, Ходакова Н.П., д-р пед. наук, проф.
**Психологические науки:** Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Каменская В.Г., д-р психол. наук, к. биол. наук
**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.
**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.
**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.
**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.
**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.
**Медицинские науки:** Ураков А.Л., д-р мед. Наук, Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.
**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.
**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.
**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.
**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.
**Юридические науки:** Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.
**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.
**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.
**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук, Скачилова С.Я., д-р хим. наук
**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.
**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. нау, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.
**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.
**Фармацевтические науки:** Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

**Екатеринбург**
**2017**

# ОГЛАВЛЕНИЕ


**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ НА СКОЛЬЖЕНИЕ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ** ..... 6

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ SPICE-МОДЕЛЕЙ СИЛОВЫХ МОП-ПРИБОРОВ** ..... 11

**ВНУТРИФОРМЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ПОРОШКАМИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ** ..... 17

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОСОМ** ..... 21

**ИЗМЕНЕНИЕ ТОЧНОСТИ СТАНКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ** ..... 25

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В БИЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКА** ..... 31

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ** ..... 36

**ДЕКОМПОЗИЦИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В СИСТЕМАХ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ** ..... 40

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ** ..... 44

**НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ** ..... 51

**КВАЛИГРАММА КАК ИНСТРУМЕНТ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ ЦИКЛА PDCA И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЫШЛЕНИЯ** ..... 55

**ПРУЖИННЫЙ АККУМУЛЯТОР ПЕРЕМЕННОЙ КОНФИГУРАЦИИ С ГИБКИМ ЗВЕНОМ** ..... 58

**НЕКОТОРЫЕ КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ НА ТВЕРДЫХ ПОДЛОЖКАХ** ..... 63

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАВАРНОГО ТЕСТА НА ОВСЯНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ И РАЗРАБОТКА НА ЕГО ОСНОВЕ МУЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ** ..... 66

**ЭЛЕКТОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ** ..... 70

**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ КУСТОРЕЗНОЙ ТЕХНИКИ** ..... 73

**АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЛОМКОВ ЛЬДА С СООРУЖЕНИЯМИ ПРИБРЕЖНОГО ШЕЛЬФА** ..... 76

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ** ..... 79

**СОВОКУПНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТВЁРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПУТЁМ УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА** ..... 84

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ** ..... 87

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА АГРОПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ OLAP** ..... 91

**ТЕРМОДИФФУЗИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРОБИ ГИДРИДА ТИТАНА** ..... 95

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS**

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОСКОПИИ ИНФРАКРАСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕИВАНИЯ СВЕТА В GASE ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ** ..... 100

**К ПРОЕКТИВНЫМ СВОЙСТВАМ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ. ЧАСТЬ I. ОБ УСКОРЕННОМ РАСШИРЕНИИ ПРОСТРАНСТВА** ..... 104

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY**

**НОВЫЙ ПУТЬ СИНТЕЗА ЗАМЕЩЕННЫХ АНТРАХИНОНОВ В ПРИСУТСТВИИ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ** ..... 115

**СИНТЕЗ НОВЫХ ОСНОВАНИЯ ШИФФА И БИСАМИНОФЕНОЛА ИЗ ЛЕВОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ** ..... 120

**АССОЦИАТЫ НАНОРАЗМЕРНОГО ПАЛЛАДИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ** ..... 123

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ДИМЕТИЛФЕНОЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ P-Mo-V ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТ (ГПК) И ИХ КИСЛЫХ СОЛЕЙ** ..... **126**

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ / ECONOMICS**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ ЦЕНТРОВ В РОССИИ** ..... **129**

**ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ** ..... **133**

**КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ И КРИТЕРИИ ИННОВАЦИОННОСТИ УНИВЕРСИТЕТА КАК ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА** ..... **136**

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ОТРАСЛИ** ..... **142**

**ИНТЕРНЕТ – ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ КОММУНИКАЦИИ КОМПАНИИ С ПОТРЕБИТЕЛЕМ** ..... **145**

**ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ВХОДЯЩИХ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА** ..... **148**

**IMPLICIT KNOWLEDGE MANAGEMENT IN THE INNOVATIVE ORGANIZATION: THEORETICAL-METHODOLOGICAL APPROACH** ..... **153**

**ЗДРАВООХРАНЕНИЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ ВАКЦИНАЦИИ)** ..... **159**

**АНАЛИЗ КАТЕГОРИИ «ДОМОХОЗЯЙСТВО» В РАМКАХ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО И НЕОИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА** ..... **163**

**ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ МОТИВАЦИИ СОТРУДНИКОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ** ..... **168**

**АНАЛИЗ ПРОГРАММ СТИМУЛИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ** ..... **171**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА «ФИНАНСОВЫЙ АЛЬМАНАХ» В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС** ..... **176**

**МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДРОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА: ОРГАНИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА** ..... **180**

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ** ..... **185**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АССОЦИАЦИИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПЕРЕРАБОТЧИКОВ И ТОРГОВЛИ** ..... **189**

**ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СТРАН С ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКОЙ** **192**

**ЛИБЕРАЛИЗАЦИЯ КАПИТАЛА В УСЛОВИЯХ СОЗДАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА** ..... **199**

**УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОШКОЛЬНЫХ И ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ** ..... **202**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING**

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.011**

**Афанасьев А.П.**
Кандидат технических наук,
Приамурский государственный университет имени «Шолом-Алейхема» г. Биробиджан.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ НА СКОЛЬЖЕНИЕ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

***Аннотация***

*Предложена усовершенствованная схема управления электроприводом в рабочих пределах изменения момента и скорости. Разработаны имитационные модели электропривода, имитирующие работу в обычном режиме и с учетом оптимизации скольжения.*

*Показано, что в заданных границах изменения нагрузочных моментов и оборотах привода по параметру эффективности предложенная модель управления дает более высокие результаты.*

*Предлагаемая схема управления с учетом оптимизации скольжения эффективнее, чем схема* $V_{th} / f = const$ *регулированием, за счет меньших электромагнитных потерь в обмотке ротора.*

**Ключевые слова:** управляемый асинхронный электропривод, оптимизация скольжения, имитационная модель управления, частотно-регулируемый электропривод.

**Afanasyev A.P.**
PhD in Engineering,
Sholem Aleichem Amur State University, Birobidzhan

# DETERMINATION OF THE AMENDMENT TO SLIDE IN A FREQUENCY-REGULATED ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

*Abstract*

*An improved control scheme of the electric drive within the working limits of the torque and speed variation is proposed. Simulation models of the electric drive simulating the work in the normal mode and taking into account slip optimization are developed.*

*It is shown that within the given limits of variation of load moments and drive speeds by the efficiency parameter, the proposed control model gives better results.*

*The proposed control scheme, taking into account the slip optimization, is more effective than* $V_{th} / f = const$ *the control circuit, due to the smaller electromagnetic losses in the rotor winding.*

**Keywords**: controlled asynchronous electric drive, slip optimization, simulation control model, frequency-controlled electric drive.

## Введение

Асинхронные электродвигатели являются наиболее простыми в конструкции и, следовательно, недорогими в производстве. Данные качества определяют их основные конкурентные преимущества в сравнении с другими типами электропривода. Доля асинхронных электроприводов в промышленном производстве занимает порядка 70%.

К недостаткам асинхронных двигателей, до последнего времени, можно было отнести их слабую управляемость по скорости и моменту на валу двигателя. При низких нагрузках коэффициент полезного действия данных двигателей имеет тенденцию к резкому убыванию по причине возрастающих потерь обмотке и сердечнике статора [1, С 105], [2].

Для уменьшения этих потерь необходимо сбалансировать магнитный поток между статором и ротором, т.е. иметь возможность влиять на скорость (число оборотов) электропривода и напряжение статорных обмоток.

Достаточно много отраслей промышленного хозяйства, где востребованы электрические приводы с высокими показателями эффективности во всех рабочих диапазонах изменения нагрузки и частоты вращения. В качестве примера можно привести электроприводы горно-обогатительного оборудования.

Эффективность работы электропривода можно повысить за счет точного выбора параметров управляющих воздействий соответствующих текущим условиям работы.

Существует несколько способов управления скоростью асинхронного двигателя. Наиболее распространенные из них приведены на диаграмме, представленной на рис. 1.

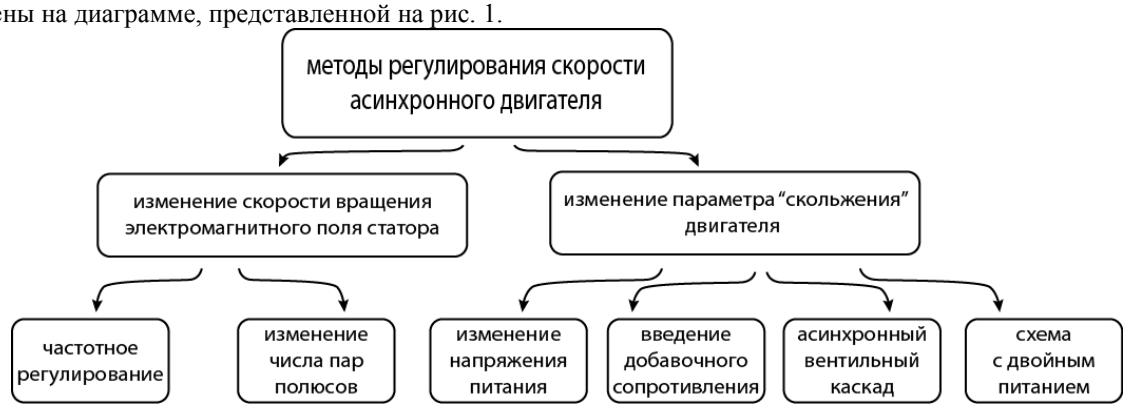



Рис. 1 – Способы регулирования скорости асинхронного двигателя

Одним из традиционных способов управления двигателем является изменение величины питающего напряжения.

Развиваемый двигателем электромагнитный момент определяется в соответствии с соотношением:

$$T_{em} = \frac{3P}{2\omega_e} \frac{V_{th}^2 (r_r' / s)}{(r_{th} + r_r' / s)^2 + (x_{th} + x_{lr}')^2} \qquad (1)$$

Графически соотношение определяющее зависимость электромагнитного момента $T_{em}$ от скольжения, т.е. – (1) представлено на рис. 2.

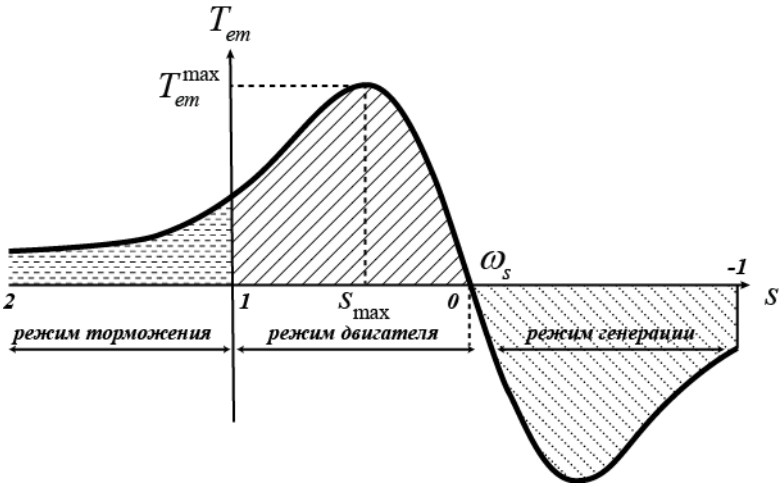



Рис. 2 – Зависимость момента асинхронного двигателя от скольжения

Из соотношения (1) и графического представления зависимости $T_{em} = f(s)$ видно, что электромагнитный момент пропорционален квадрату напряжения $V_{th}^2$ и сложным образом зависит от величины скольжения $s$.

В настоящее время в проектируемые системы управления асинхронными электроприводами используют «классическое» $V_{th} / f = const$ регулирование, которое позволяет обеспечить неизменность критического момента и, следовательно, постоянство перегрузочной способности двигателя практически во всем диапазоне регулирования скорости.

Исследования [3], [4], [5], [6] показали, что постоянство отношения напряжения статора к частоте ($V_{th} / f = const$) не соответствует оптимальным параметрам энергопотребления асинхронного двигателя.

Для получения оптимальной эффективности работы привода во всех диапазонах изменения момента и скорости был предложен механизм компенсации скольжения, обобщенная функциональная схема которого представлена на рис 3. С помощью данной функциональной схемы реализуется алгоритм скалярного управления электроприводом. Подробное описание элементов схемы можно найти в [2, С 14].

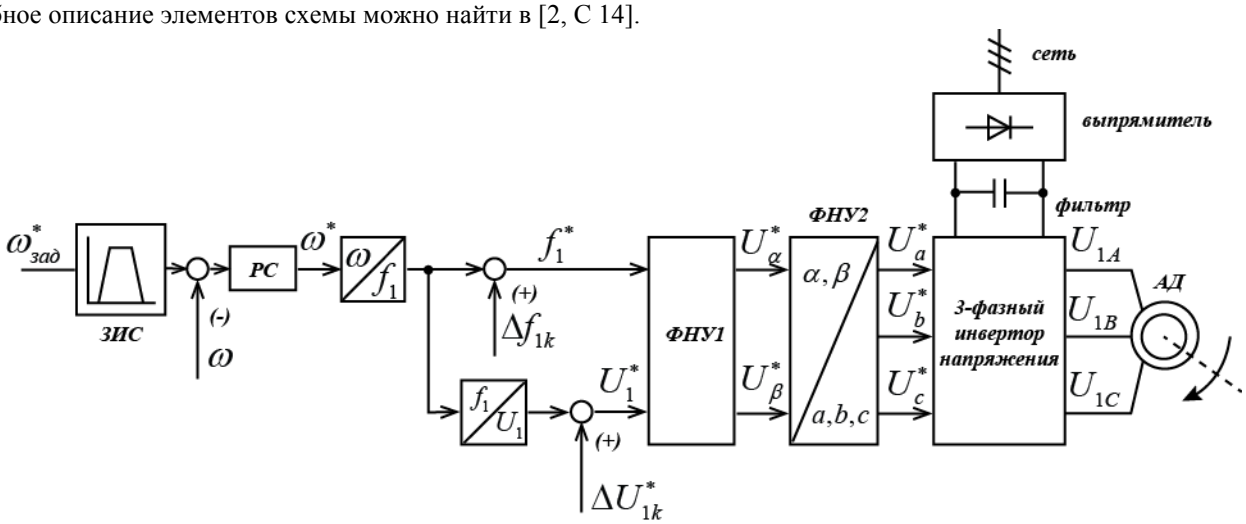



Рис. 3 – Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода со скалярным управлением

Управление (компенсация) скольжением возможно соответствующим выбором добавки напряжения к заданному напряжению на зажимах статора, которое на рис.3 имеет обозначение $\Delta U_{1k}^*$.

Существует несколько модификаций метода компенсации скольжения.

В данной статье предлагается метод, в основе которого лежит идея использования ПИД – регулятора, в частности, предложено дополнить систему управления интегральным регулятором.

**Модель блока управления скольжением**

Для компенсации скольжения относительно оптимального значения было предложено использовать интегральный регулятор (2), который позволяет получить значение добавочного напряжения $\Delta U_{1k}^{*}$ не только для текущего отклонения скольжения от номинальной величины, но и учитывать всю «историю» данных отклонений [7].

$$V_{th_ad} = k_i \int_0^t [s_n - s(\tau)] d\tau \qquad (2)$$

В ходе реализации предложенного подхода для блока управления скольжением была создана имитационная SIMULINK модель [8], [10].

На рис. 4 представлена модель блока управления, которая является частью общей модели имитационного эксперимента по определению параметров эффективности работы асинхронного двигателя в различных тестовых режимах. Блоки, выделенные цветом, реализуют рабочий алгоритм интегрального ПИД регулятора.

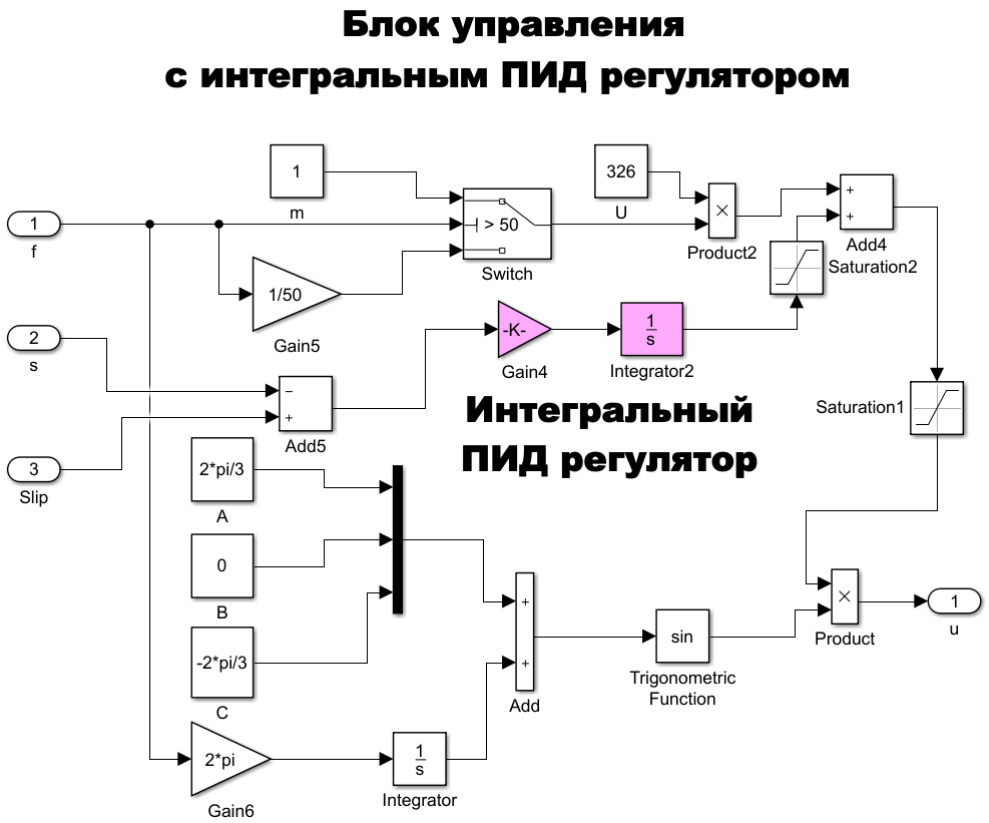



Рис. 4 – Схема контроллера блока оптимизации скольжения

На рис. 5 представлена общая модель асинхронного электропривода с блоком оптимизации скольжения, в которой блок «S-controller» является системой управления питающего напряжения.

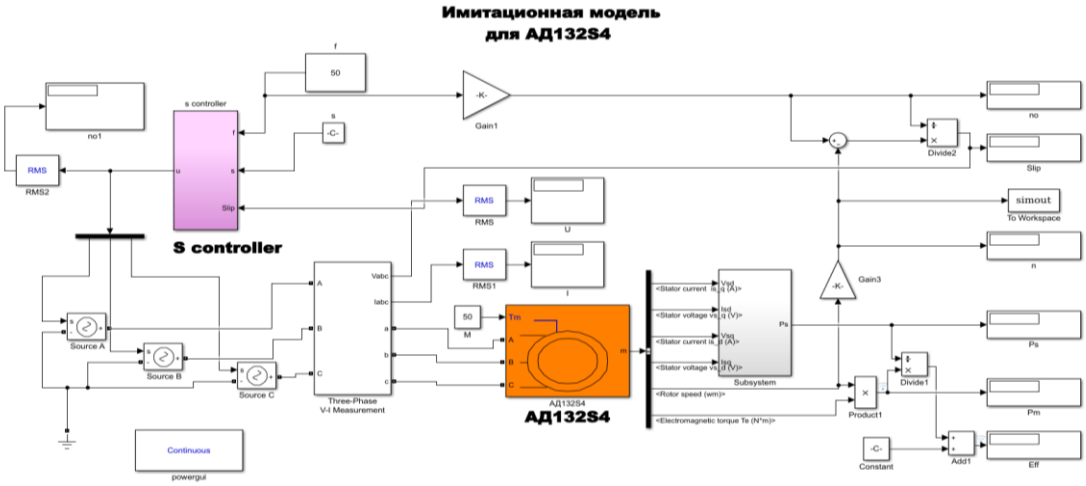



Рис. 5 – Имитационная модель асинхронного электропривода с блоком оптимизации скольжения.

В качестве входных параметров блок «S-controller» принимает заданное значение частоты питающего напряжения – f, требуемое значение скольжения – s, обусловленное конструкцией двигателя и текущим режимом работы

электропривода, и действительное значение скольжения – Slip, полученное с датчиков измерительных блоков электропривода.

На выходе блока «S-controller» получается значение питающего напряжения двигателя с учетом поправки на скольжение, полученной с помощью интегрального ПИД регулятора.

**Результаты моделирования**

На рисунке 6 представлены графики зависимости коэффициента полезного действия от нагрузочного момента и частоты вращения двигателя без учета компенсации скольжения и с учетом компенсации скольжения с применением интегрального ПИД регулятора.

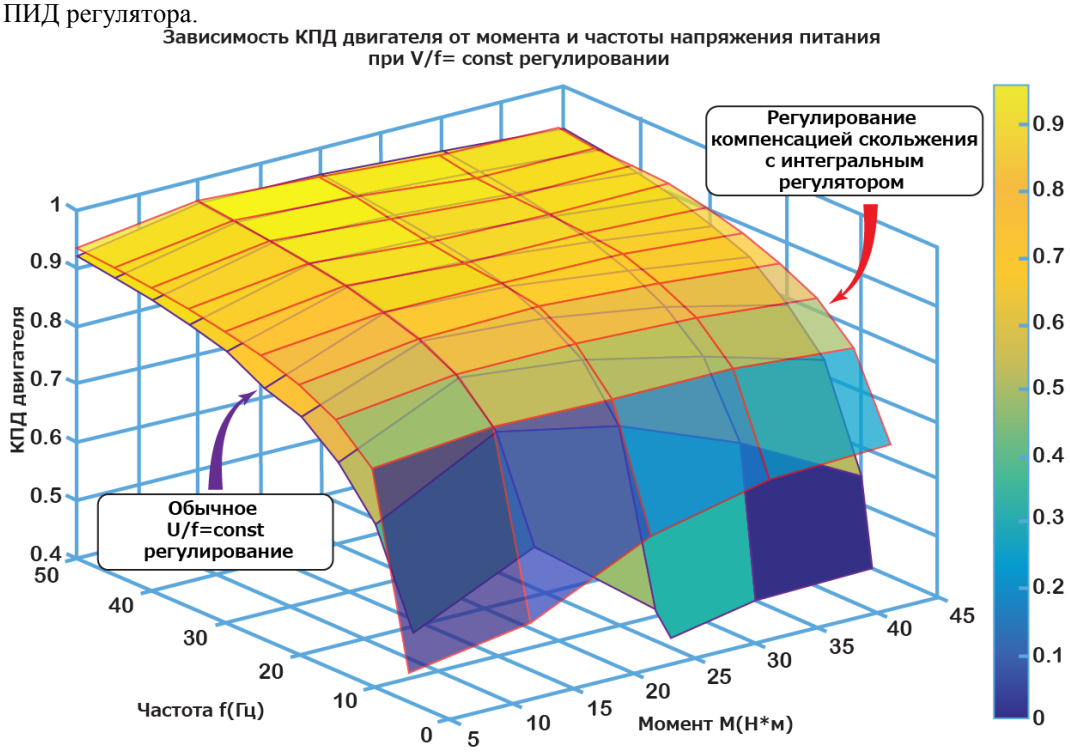



Рис. 6 – Графики зависимости КПД двигателя от нагрузочного момента и частоты напряжения питания

Представленные графики показывают, что практически на всем диапазоне частот напряжения питания и изменения нагрузочного момента коэффициент полезного действия двигателя с блоком компенсации скольжения имеет более высокие значения.

В области малых частот и моментов нагрузки коэффициент полезного действия привода с интегральным регулятором превышает этот же показатель для привода с обычным $V_{th} / f = const$ регулированием на 30-40%.

На рис.7 представлен срез графика на частоте 10 Гц, из которого следует, что на данной частоте во всем диапазоне изменения нагрузочного момента КПД двигателя с интегральным регулятором превышает КПД двигателя с обычным $V_{th} / f = const$ регулированием

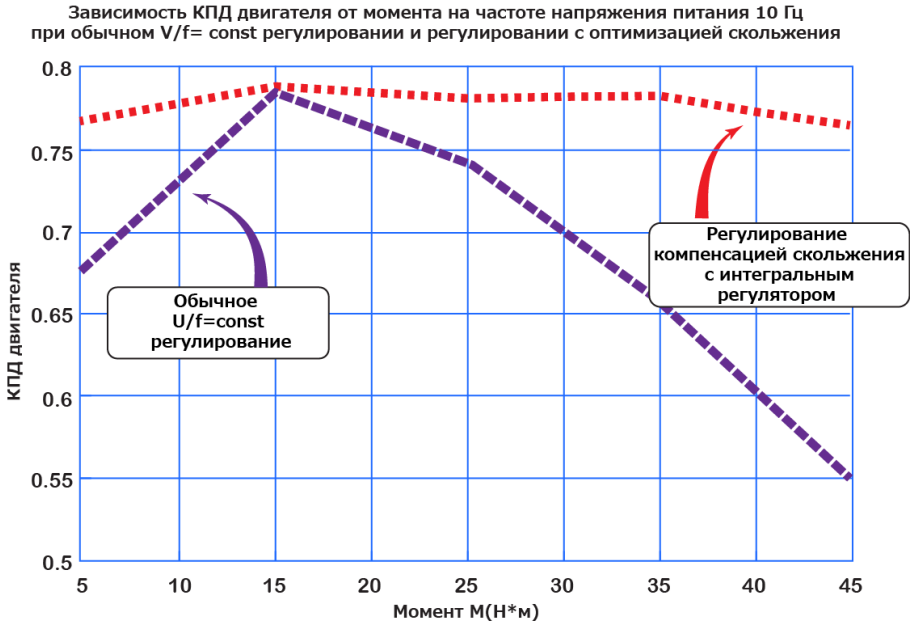



Рис. 7 – Срез графика КПД на частоте питающего напряжения 10 Гц

Рис. 8 иллюстрирует работу интегрального регулятора блока оптимизации скольжения при пониженных оборотах двигателя и нагрузочного момента, равного 15 Н*м.

Как видно из рис. 8 на начальном этапе имитации значение скольжения в моделях с оптимизацией и без оптимизации не определено и подвержено резким скачкам, так как этот период приходится на режим пуска двигателя.

В дальнейшем, по мере накопления интегралом «истории отклонений» скольжения от оптимального значения, скольжение в модели с интегральным регулятором принимает более низкие значения в сравнении с моделью, в которой используется обычное $V_{th} / f = const$ регулирование.

Меньшая величина скольжения приводит к уменьшению потерь в обмотке ротора, так как эти потери прямо пропорциональны скольжению – $P_{э2} = sP_{эм}$, здесь $P_{эм}$ – электромагнитная мощность двигателя [1], [9, С 216].

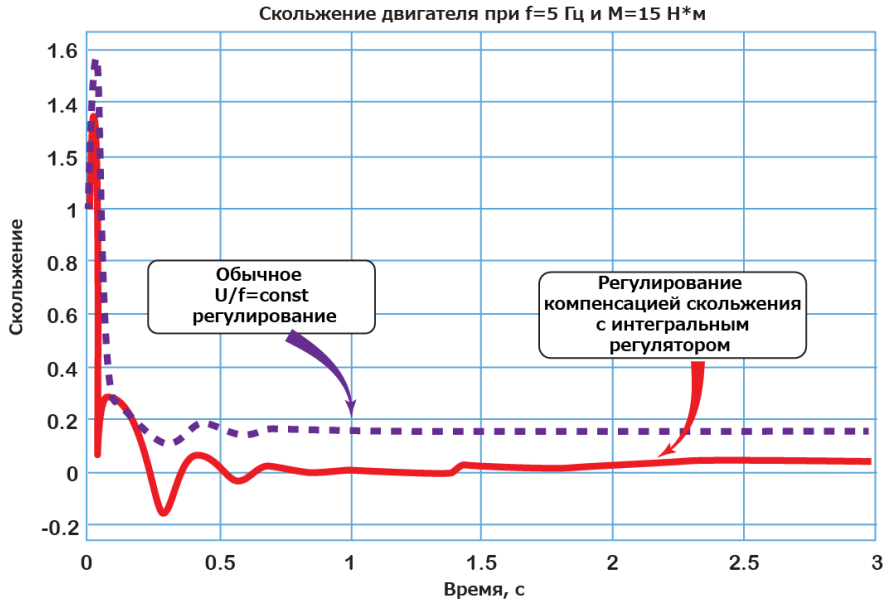



Рис. 8 – Значения скольжений асинхронного двигателя с учетом и без учета оптимизации при заданных условиях

**Вывод**

Предложенный алгоритм компенсации скольжения на основе интегрального компонента ПИД регулятора позволяет повысить коэффициент полезного действия асинхронного электропривода от 5 до 40% практически во всем диапазоне изменения момента нагрузки и частоты вращения.

Блок управления с интегральным регулятором позволяет работать приводу с меньшим скольжением, в результате чего уменьшаются потери в обмотке ротора, и, следовательно, повышается эффективность работы электропривода в целом.

В настоящее время реализация данного алгоритма управления электроприводом вполне осуществима на основе микропроцессорной техники.

**Список литературы / References**

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2010.– 350 с.

2. Мальцева О.П. Системы управления электроприводов: Учебное пособие / О.П. Мальцева, Л.С. Удут, Н.В. Кояин. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. -151 с.

3. Sarhan H. Energy Efficient Control of Three-Phase Induction Motor Drive / H. Sarhan // Energy and Power Engineering. –2011. –Vol. 3. –P. 107-112.

4 Ansari A. Induction Motor Efficiency Optimization Using Fuzzy Logic / A Ansari, D. M. Deshpande // International Journal of Advanced Engineering and Applications, –Vol. 1. –2010, –P. 177–180.

5. W. Leonhard Controlled AC Drives, a Successful Transfer from Ideas to Industrial Practice / Leonhard W. // Control Engineering Practice. –1996. –Vol. 4(7). —P. 897–908.

6. Li J. A new efficiency optimization method on vector control of induction motor/ J. Li L. Xu Z. Zhang // Proc. IEEE Conf. Electrical Machines and Drives. –2005. –P. 1995-2001

7. Ben Hamed M. A Digital Phase Locked Loop Speed Control of Three Phase Induction Motor Drive: Performances Analysis, International Journal of Energy and Power Engineering/ M. Ben Hamed, L. Sbita // EPE Journal. - Brussel, –2011. – Vol 3. - P. 61-68

8. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М.: ДМК Пресс, 2007. –288 с.

9. Усольцев А.А. Электрические машины: учебное пособие. / А.А. Усольцев. – СПб: – НИУ ИТМО, 2013. – 416 с.

10. Chee-Mun O. Dynamic Simulation of Electric Machinery using Matlab/Simulink / O. Chee-Mun. –New Jersey; Prentice-Hall, 1998. – 467 p.

**Список литературы / References in English**

1. Vol'dek A. I. Jelektricheskie mashiny. Mashiny peremennogo toka: uchebnik dlja vuzov [The electric machine. AC machines: textbook for universities] / A. I. Vol'dek, V.V. Popov. – SPb.: Piter, 2010.– 350 p.[in Russian]

2. Mal'ceva O.P. Sistemy upravlenija jelektroprivodov: Uchebnoe posobie [Systems of electric drives control: textbook]/ O.P. Mal'ceva, L.S. Udut, N.V. Kojain. – Tomsk: Izd. TPU, 2007. -151 p. [in Russian]

3. Sarhan H. Energy Efficient Control of Three-Phase Induction Motor Drive / H. Sarhan // Energy and Power Engineering. –2011. –Vol. 3. –P. 107-112.

4 Ansari A. Induction Motor Efficiency Optimization Using Fuzzy Logic / A Ansari, D. M. Deshpande // International Journal of Advanced Engineering and Applications, –Vol. 1. –2010, –P. 177–180.

5. W. Leonhard Controlled AC Drives, a Successful Transfer from Ideas to Industrial Practice / Leonhard W. // Control Engineering Practice. –1996. –Vol. 4(7). —P. 897–908.

6. Li J. A new efficiency optimization method on vector control of induction motor/ J. Li L. Xu Z. Zhang // Proc. IEEE Conf. Electrical Machines and Drives. –2005. –P. 1995-2001

7. Ben Hamed M. A Digital Phase Locked Loop Speed Control of Three Phase Induction Motor Drive: Performances Analysis, International Journal of Energy and Power Engineering/ M. Ben Hamed, L. Sbita // EPE Journal. - Brussel, –2011. – Vol 3. - P. 61-68

8. Chernyh I. V. Modelirovanie jelektrotehnicheskih ustrojstv v MATLAB, SimPowerSystems i Simulink [Modeling of electrical devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink]/ I. V. Chernyh. – M.: DMK Press, 2007. –288 p. [in Russian]

9. Usol'cev A.A. Jelektricheskie mashiny: uchebnoe posobie. [Electrical machines: textbook.]/ A.A. Usol'cev. – SPb: – NIU ITMO, 2013. – 416 p. [in Russian]

10. Chee-Mun O. Dynamic Simulation of Electric Machinery using Matlab/Simulink / O. Chee-Mun. –New Jersey; Prentice-Hall, 1998. – 467 p.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.025**

**Амелин С.А.[1], Амелина М.А.[2], Киселёв К.О.[3], Фролков О.А.[4]**

[1]ORCID: 0000-0002-1705-297X, кандидат технических наук,
[2]ORCID: 0000-0001-6210-1729, кандидат технических наук,
[3]ORCID: 0000-0002-1353-0516,
[4]ORCID: 0000-0002-7717-1161,
[1,2,3,4]Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-00148 А*

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ SPICE-МОДЕЛЕЙ СИЛОВЫХ МОП-ПРИБОРОВ

***Аннотация***

*Рассмотрены проблемы вычисления параметров SPICE-моделей силовых МОП-приборов (MOSFET и IGBT) на основе экспериментальных данных. Обоснована возможность использования для этой цели методов машинного обучения. Приведена структурная схема программно-аппаратного комплекса, предназначенного для автоматизированного получения массива экспериментальных данных с целью его дальнейшей обработки с использованием алгоритмов машинного обучения и получения статических параметров SPICE-модели силового МОП-прибора произвольного уровня детализации. Приведены вольт-амперные характеристика моделей полупроводниковых приборов, полученных при помощи рассматриваемого программно-аппаратного комплекса, рассмотрены его основные характеристики и намечены пути дальнейшего совершенствования.*

**Ключевые слова:** полупроводниковые приборы, структуры с изолированным затвором, MOSFET, IGBT, SPICE-модель, машинное обучение, программно-аппаратный комплекс.

**Amelin S.A.[1], Amelina M.A.[2], Kiselev K.O.[3], Frolkov O.A.[4]**

[1]ORCID: 0000-0002-1705-297X, PhD in Engineering,
[2]ORCID: 0000-0001-6210-1729, PhD in Engineering,
[3]ORCID: 0000-0002-1353-0516,
[4]ORCID: 0000-0002-7717-1161
[1,2,3,4]Branch of FSBEI of HE National Research University "MPEI" in Smolensk

*The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 17-07-00148 A*

## APPLICATION OF METHODS OF MACHINE TRAINING FOR AUTOMATED CONSTRUCTION OF SPICE MODELS OF POWER MOSFET INSTRUMENTS

***Abstract***

*The problems of calculating the parameters of SPICE-models of power MOS-devices (MOSFET and IGBT) are considered on the basis of experimental data. The possibility of using methods of machine learning for this purpose is substantiated. A block diagram of the software and hardware complex intended for automated obtaining of an array of experimental data for the purpose of its further processing using machine learning algorithms and obtaining the static parameters of the SPICE model of a power MOS-device of an arbitrary level of detail is given. Volt-ampere characteristics of the models of semiconductor devices obtained with the help of the software and hardware complex are considered, its main characteristics and ways for further improvement are outlined.*

**Keywords**: semiconductor devices, isolated gate structures, MOSFET, IGBT, SPICE-model, machine learning, software and hardware complex.

Одним из важных этапов разработки современных электронных устройств является математическое моделирование. Проведение такого моделирования требует наличия точных моделей электронных компонентов. Однако для существенной части этих компонентов, в частности отечественных MOSFET и IGBT-транзисторов такие модели отсутствуют. Кроме того, точность многих моделей, поставляемых в составе библиотек программ схемотехнического анализа, недостаточна и такие модели требуют уточнения [1], [2], [3]. Поэтому актуальной задачей является создание программно-аппаратного комплекса для автоматического определения параметров моделей MOSFET и IGBT-транзисторов.

Современные программы схемотехнического моделирования используют модели компонентов, представленные в формате, выполненном в соответствии с синтаксисом описания SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Такие модели называют SPICE-моделями [4, С. 318], [5, С. 521], [5, С. 547].

Для получения SPICE-модели компонента (например, транзистора) в подавляющем большинстве случаев недостаточно информации, представленной в техническом описании (datasheet). В частности, для транзистора необходимо проделать немалый объем работы, связанной с измерениями напряжений и токов в различных режимах, поскольку нужно получить не характеристики, а их семейства с целью выявление зависимости характеристик от различных параметров. Выполнять это вручную – весьма трудоемкий процесс, поэтому необходима автоматизация, которая требует разработки специализированной аппаратуры.

После получения массива экспериментальных данных необходимо вычислить параметры модели. Фактически вычисление сводится к многомерной оптимизации. Причем, задача оптимизации для МОП-транзисторов достаточно сложная, поскольку модель содержит несколько десятков параметров [5, С. 524]. При этом расчеты по фиксированным формулам ограничивают детализацию модели имеющимся набором уравнений, а решение оказывается зависимым от выбора данных и их подготовки и в ходе оптимизации может быть найден локальный, а не глобальный экстремум.

В большинстве САПР имеются встроенные инструменты, позволяющие получить SPICE-модель на основе экспериментальных данных [4, С. 348], [5, С. 492], но их эффективное использование затрудняется необходимостью ручного ввода большого числа точек и привязкой только к встроенным моделям. Кроме того, встроенные алгоритмы не всегда способны выполнить эффективную оптимизацию и нет возможности выбора алгоритмов этой оптимизации.

Одной из задач создания специализированной аппаратуры расчета параметров SPICE-моделей является поиск эффективных алгоритмов оптимизации, которые давали бы наилучшие результаты именно в конкретной области применения. В этом плане перспективными выглядят алгоритмы, основанные на технологиях в области машинного обучения. Фактически это один из подразделов искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться [6], [7], [8]. В класс задач, решаемых с помощью машинного обучения, входит и восстановление регрессии [7, С. 119]. Имеющаяся задача как раз и относится к этому классу.

Большинство методов машинного обучения сводятся к задаче оптимизации значения функционала, который зачастую называют функционалом потерь (эмпирического риска), т. к. его значение представляет ошибку работы алгоритма на обучающей выборке данных [9, С. 13]. Чем меньше ошибка, тем точнее алгоритм воспроизводит решение задачи.

Минимизация функционала потерь может осуществляться различными методами поиска минимума функций. Это могут быть различные разновидности прямого перебора, градиентного спуска, случайного поиска (метод Монте-Карло) и другие алгоритмы поиска глобального экстремума [9, С. 261]. От выбора алгоритма зависит скорость получения решения и будет ли это решение локальным или глобальным (настоящим) минимумом.

Например, задачу поиска матрицы МТ, преобразующей один трехмерный вектор в другой, можно решить имея 3 обучающих измерения (пары исходных ($I_i$) и результирующих ($O_i=I_i \cdot MT$) векторов) и используя в качестве функционала потерь сумму длин векторов $I_i \cdot M - O_i$, где М – предполагаемое решение задачи. Такая задача стабильно решается с помощью квазиньютоновских методов оптимизации [10, С. 41] в современных математических пакетах. Если использовать только 2 точки – решение становится неопределенным в аналитическом виде, т.к. имеется 9 переменных и 6 уравнений. Это означает, что решение задачи оптимизации теперь будет зависеть от начальной точки поиска и не может быть точным.

На самом деле такая ситуация не характерна для задач машинного обучения, т.к. обычно имеется избыточное количество данных, среди которых необходимо найти зависимости и построить модели. Задача расчета параметров SPICE-моделей на основе экспериментальных данных как раз характеризуется такой избыточностью, именно по этой причине отсутствие автоматизации при определении параметров SPICE-моделей требует слишком много человеческих ресурсов.

Поскольку описанный выше недостаток методов машинного обучения не характерен для выбранной задачи, то при разработке программно-аппаратного комплекса, позволяющего в автоматизированном режиме получать SPICE-модели произвольного уровня детализации, целесообразно применить именно этот алгоритм вычисления параметров SPICE-моделей.

Для реализации программно-аппаратного комплекса на первом этапе необходимо решить задачу получения исходных данных для оптимизации — разработать лабораторный стенд, осуществляющий измерения напряжений и токов в автоматическом режиме с передачей и сохранением массива данных на персональном компьютере (ПК). На втором этапе необходимо разработать программное обеспечения для обработки полученных экспериментальных данных и построения по ним SPICE-моделей.

Лабораторный стенд, решающий описанную выше задачу, состоит из силовой части, измерительной части и системы управления (рис. 1). В силовую часть входят управляемый источник напряжения цепи стока (коллектора) и управляемый источник напряжения цепи затвора. В измерительную часть входит датчик тока и устройство захвата сигналов. В качестве устройства захвата сигналов целесообразно использовать сертифицированное измерительное

устройство — USB-осциллограф. Система управления (СУ) обеспечивает реализацию выбранного алгоритма измерения.

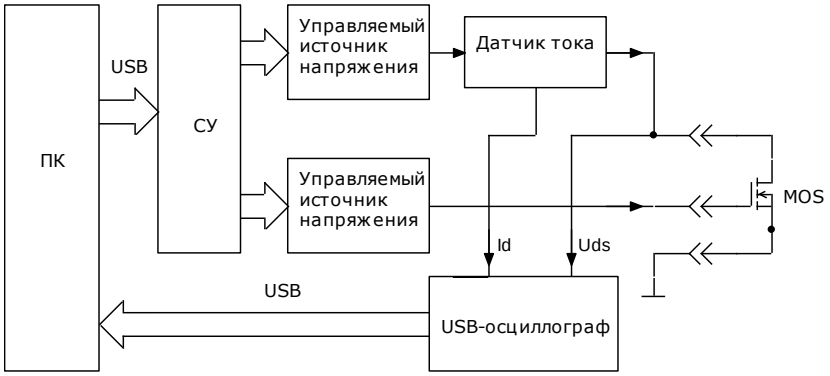



Рис. 1 – Структурная схема программно-аппаратного комплекса

Такая схема позволяет измерять ток через сток транзистора, ток затвора, напряжение на затворе и напряжение сток-исток. В таком исполнении стенд позволяет измерять статические характеристики n-канальных МОП-транзисторов и IGBT-транзисторов в диапазонах 0–100 В и 0–250 А. Измерение проводится импульсным методом в квазистатическом режиме. В дальнейшем возможна доработка стенда с целью измерения переходных процессов, т.к. имеющееся оборудование технически позволяет работать в таком режиме и осуществлять подобные исследования, достаточно лишь изменить алгоритм работы системы управления.

Для измерения характеристик используется специально разработанное программное обеспечение (ПО), осуществляющее управление стендом, получение и обработку данных USB-осциллографа, хранение их в памяти ПК и отображение.

При измерении характеристик имеется возможность задать максимальное напряжение на затворе Ugs, максимальное напряжение сток-исток Uds (для МОП-транзисторов) или коллектор-эмиттер Uce (для IGBT-транзисторов), шаг изменения напряжения на затворе, шаг изменения напряжения сток-исток или коллектор-эмиттер, максимальный ток стока или коллектора, сопротивление в затворной цепи, длительность импульса. В ходе измерения источники питания стенда последовательно устанавливаются на различные напряжения, происходит генерация импульса затвора и регистрация сигнала с помощью USB-осциллографа. Алгоритм измерения каждой точки вольт-амперной характеристики представлен на рис. 2. Записанные данные можно просмотреть или сохранить на диск для дальнейшего анализа.

Временные диаграммы напряжения затвор-исток Ugs, напряжения сток-исток Uds и тока стока Id для n-канального МОП-транзистора IRFP250N представлены на рис. 3. Регистрируемые данные заносятся в массив после окончания переходных процессов в транзисторе (т.е. в квазистационарном режиме).

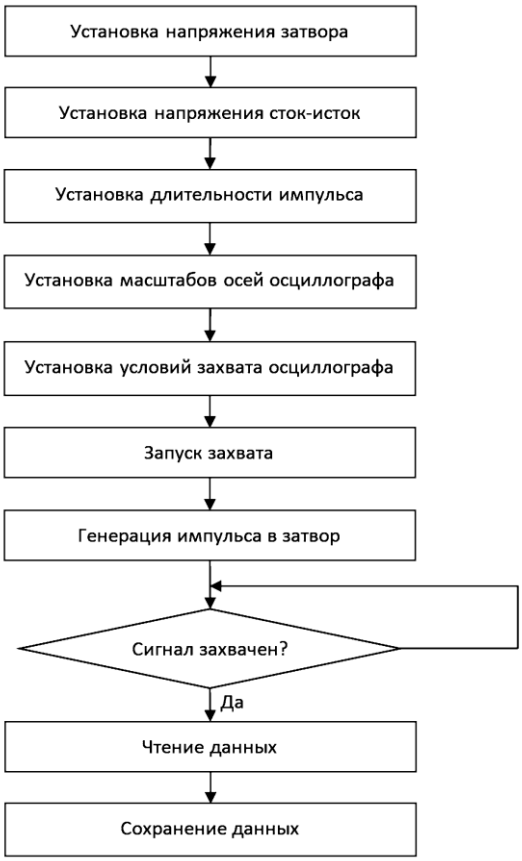



Рис. 2 – Алгоритм измерения точки вольт-амперной характеристики

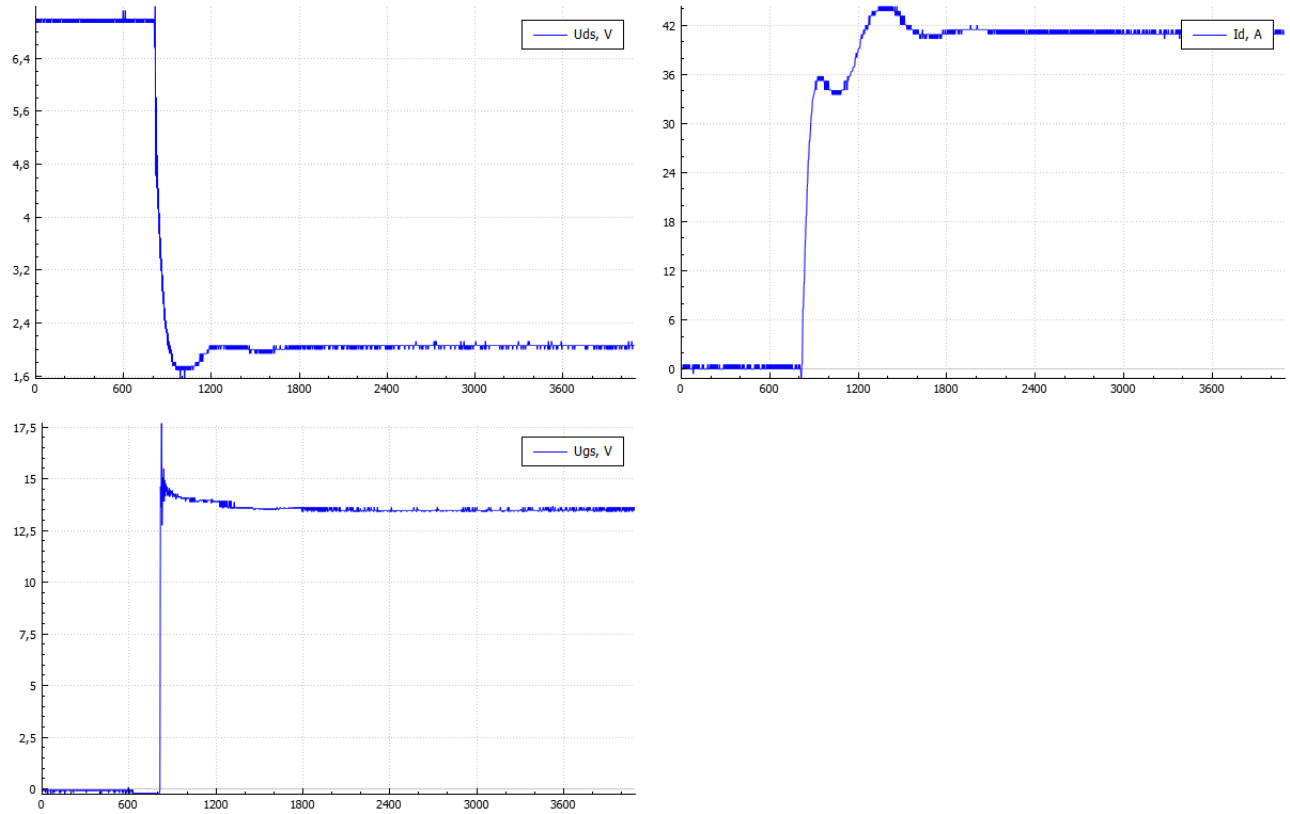



Рис. 3 – Временные диаграммы напряжений сток-исток Uds, затвор-исток Ugs и тока стока Id МОП-транзистора IRFP250N

В процессе измерения или после его завершения по полученным данным строятся семейства выходных вольтамперных характеристик (ВАХ) транзистора и передаточная характеристика транзистора (рис. 4).

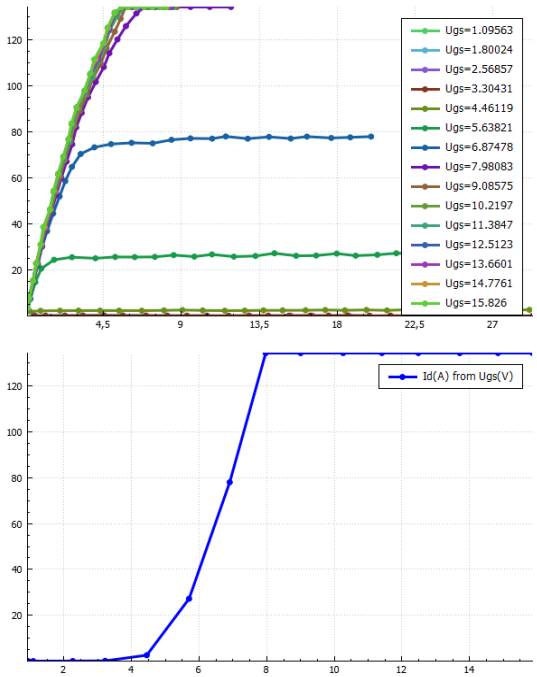



Рис. 4 – Статические характеристики МОП-транзистора IRFP250N, построенные по экспериментальным данным

Так как измеренные данные представляют собой набор точек с неизвестными шумами и погрешностями измерений, использовать их для прямого расчета параметров модели проблематично. К тому же прямой расчет ограничит область определяемых моделей, поэтому для вычисления используются методы машинного обучения. В качестве обучаемой модели используется текстовое описание МОП-транзистора на языке SPICE. В качестве функционала потерь используется сумма модулей разности между измеренными и смоделированными точками ВАХ. В процессе оптимизации параметры модели изменяются так, чтобы минимизировать ошибку.

Программное обеспечение позволяет пользователю самостоятельно определять детализацию SPICE-модели и выбирать переменные, значение которых необходимо оптимизировать. Благодаря этому, возможно получение

параметров не только стандартных SPICE-моделей NMOS, PMOS, но и любых других, даже еще не существующих ныне моделей, что делает разработку весьма перспективной.

При запуске режима определения параметров модели начинается процесс поиска глобального экстремума методом градиентного спуска из случайно выбранных начальных состояний. В зависимости от числа параметров при существующих ныне вычислительных мощностях персонального компьютера данный процесс до получения удовлетворяющего результата может занимать от 15 минут и более. Выходные вольтамперные характеристики МОП-транзистора, полученные при использовании модели Шихмана-Ходжеса (Level 1) до и после оптимизации, представлены на рис. 5 и 6.

В процессе оптимизации модели пользователь может выбрать модель из списка 30 наилучших приближений, отобразить ее SPICE-текст и сравнить на одном графике измеренную и смоделированную ВАХ для оценки соответствия модели экспериментальным характеристикам.

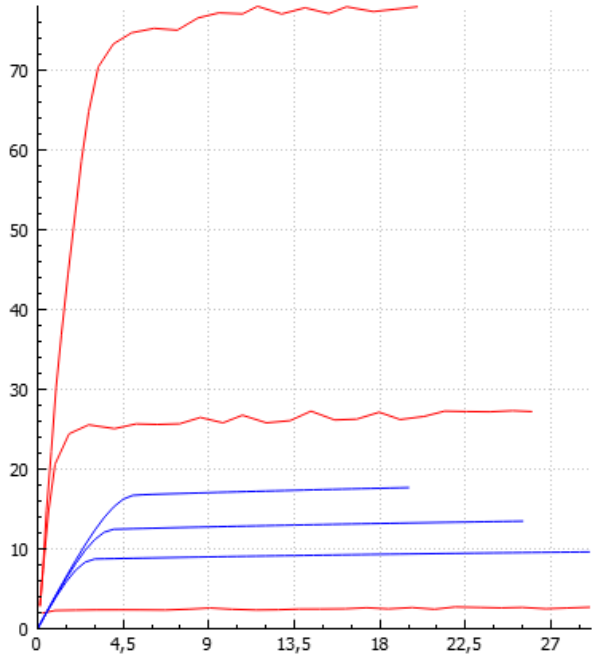



Рис. 5 – Семейства выходных ВАХ транзистора IRFP250N, построенные по экспериментальным данным и по модели Шихмана-Ходжеса (Level 1) до оптимизации (красный – эксперимент, синий – модель)

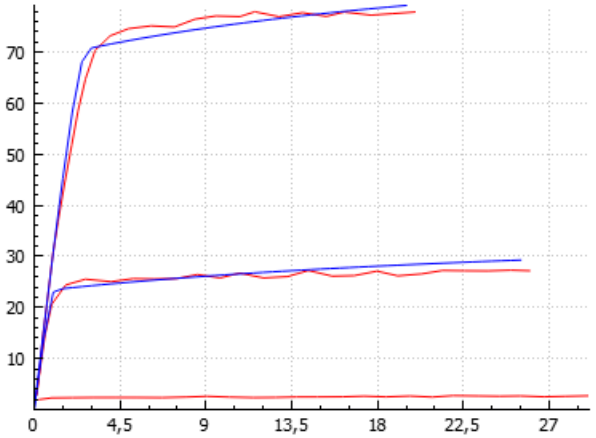



Рис. 6 – Семейства выходных ВАХ транзистора IRFP250N, построенные по экспериментальным данным и по модели Шихмана-Ходжеса (Level 1) после оптимизации (красный – эксперимент, синий – модель)

Для увеличения скорости оптимизации программа может использовать ресурсы удаленных машин, на которых запускается приложение, осуществляющее вычисление ВАХ по SPICE-тексту и отправляющее решение обратно на сервер. На данный момент в программе имеются встроенные заготовки SPICE-моделей МОП-транзисторов двух уровней: модель Шихмана-Ходжеса Level 1 [5, С. 524], содержащая 18 параметров и модель Level 6 [4, С. 336], содержащая 37 параметров.

Применение методов машинного обучения показало хорошие результаты при определении статических параметров SPICE-моделей N-канальных МОП-транзисторов, однако для создания полноценной модели необходим еще и расчет динамических параметров модели. Как уже было сказано выше, это потребует лишь незначительной доработки силовой части стенда. Методика поиска параметров модели и выбранный алгоритм оптимизации не требует изменений, т.к. не зависит ни от состава модели, ни от типа исходных данных. Поэтому представленный программно-аппаратный комплекс имеет серьезный потенциал развития. В частности, возможности аппаратной части этого комплекса позволяют исследовать еще один перспективный подход к моделированию процессов в

полупроводниковых приборах – прямое использование нейронных сетей, построенных на основе экспериментальных данных [11].

**Список литературы / References**

1. Недолужко И.Г. Определение параметров PSpice моделей МДПТ и БТИЗ по экспериментальным характеристикам / И.Г. Недолужко, П.А. Воронин, А.Г. Лебедев // Силовая Электроника. – 2006. – № 4. – С. 20-23.

2. Лебедев А.Г. Усовершенствование PSpice модели мощных диодов и МДП-транзисторов и определение их параметров / А.Г. Лебедев, И.Г. Недолужко // Практическая силовая электроника. – 2003. – № 11. – С. 4-10.

3. Лебедев А.Г. Методика определения параметров PSpice моделей IGBT-транзисторов / А.Г. Лебедев, И.Г. Недолужко // Силовая Электроника. – 2005. – № 2. – С. 100-103.

4. Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 / В.Д. Разевиг . – М.: «Солон», 1999. – 698 с.

5. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Амелина М.А., Амелин С.А – Электрон. текстовые дан. – СПб. : Лань, 2014. – 632 с. – Режим доступа: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665

6. Ветров Д.П. Машинное обучение – состояние и перспективы / Д.П. Ветров // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. Труды XV Всероссийской научной конференции RCDL'2013. – 2013. – Издательство: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова (Ярославль). – С. 21–27.

7. Witten I.H., Frank E., Hall M.A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques / I.H. Witten. – 3 ed. – Morgan Kaufmann, 2011. - 629 p.

8. Bramer M. Principles of data mining / M. Bramer. – 2Nd ed. – Springer, 2013. – 440 p.

9. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным / В.Н. Вапник – М.: Наука, 1979. – 448 с.

10. Аббасов М.Э. Методы оптимизации: Учеб. пособие / М.Э. Аббасов – СПб.: Издательство «ВВМ». – 2014. – 64 с.

11. Hanene Ben Hammouda, Mongia Mhiri, Zièd Gafsi and Kamel Besbes Neural-Based Models of Semiconductor Devices for SPICE Simulator / Hanene Ben Hammouda // American Journal of Applied Sciences. – 2008. Vol. 5(4). – P. 385-391.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Nedoluzhko I.G. Opredelenie parametrov PSpice modelej MDPT i BTIZ po jeksperimental'nym harakteristikam [Determination of PSpice parameters of MOS and IGBT models based on experimental characteristics] / I.G. Nedoluzhko, P.A. Voronin, A.G. Lebedev // Silovaja Jelektronika [Power Electronics]. – 2006. – № 4. – P. 20-23. [in Russian]

2. Lebedev A.G. Usovershenstvovanie PSpice modeli moshhnyh diodov i MDP-tranzistorov i opredelenie ih parametrov [Improvement of the PSpice model of high-power diodes and MOSFET and determination of their parameters] / A.G. Lebedev, I.G. Nedoluzhko // Prakticheskaja silovaja jelektronika [Practical power electronics]. – 2003. – № 11. – P. 4-10. [in Russian]

3. Lebedev A.G. Metodika opredelenija parametrov PSpice modelej IGBT tranzistorov [Method of determining the parameters of the PSpice models of power IGBT transistors] / A.G. Lebedev, I.G. Nedoluzhko // Silovaja Jelektronika [Power Electronics]. – 2005. – № 2. – P. 100-103. [in Russian]

4. Razevig V.D. Sistema skvoznogo proektirovanija jelektronnyh ustrojstv DesignLab 8.0 [DesignLab 8.0 through-design system for electronic devices] / V.D. Razevig . – M.: «Solon», 1999. – 698 p. [in Russian]

5. Amelina M.A., Amelin S.A. Programma shemotehnicheskogo modelirovanija Micro-Cap. Versii 9, 10 [Micro-Cap circuit simulation program. Version 9, 10]. [Electronic resource]: Tutorial / Amelina M.A., Amelin S.A – Jelektron. tekstovye dan. – SPb. : Lan', 2014. – 632 p. – Rezhim dostupa: URL http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53665 [in Russian]

6. Vetrov D.P. Mashinnoe obuchenie – sostojanie i perspektivy [Machine learning – status and prospects] / D.P. Vetrov // Jelektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tehnologii, jelektronnye kollekcii. Trudy XV Vserossijskoj nauchnoj konferencii RCDL'2013 [Electronic libraries: promising methods and technologies, electronic collections. Proceedings of the XV All-Russian Scientific Conference RCDL'2013]. – 2013. – Izdatel'stvo: Jaroslavskij gosudarstvennyj universitet im. P.G. Demidova (Jaroslavl'). – P. 21–27. [in Russian]

7. Witten I.H., Frank E., Hall M.A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques / I.H. Witten. – 3 ed. – Morgan Kaufmann, 2011. – 629 p.

8. Bramer M. Principles of data mining / M. Bramer. – 2Nd ed. – Springer, 2013. – 440 p.

9. Vapnik V.N. Vosstanovlenie zavisimostej po jempiricheskim dannym [Recovery of dependencies on empirical data] / V.N. Vapnik – M.: Nauka, 1979. – 448 p. [in Russian]

10. Abbasov M.Je. Metody optimizacii: Ucheb. posobie [Optimization Methods: A Tutorial] / M.Je. Abbasov – SPb.: Izdatel'stvo «VVM». – 2014. – 64 p.

11. Hanene Ben Hammouda, Mongia Mhiri, Zièd Gafsi and Kamel Besbes Neural-Based Models of Semiconductor Devices for SPICE Simulator / Hanene Ben Hammouda // American Journal of Applied Sciences. – 2008. Vol. 5(4). – P. 385-391.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.020**

**Вдовин К.Н.[1], Феоктистов Н.А.[2], Горленко Д.А.[3]**
[1] ORCID: 0000-0003-3244-3327, профессор, доктор технических наук,
[2] ORCID: 0000-0002-6091-7983, кандидат технических наук,
[3] ORCID: 0000-0002-3040-8635, кандидат технических наук
[1,2,3]Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

*Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №15-19-10020)*

# ВНУТРИФОРМЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ПОРОШКАМИ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

***Аннотация***

*В статье рассмотрены результаты проведения планируемого эксперимента по внутриформенному модифицированию отливок из стали Гадфильда мелкодисперсными порошками. Целью работы являлось определение совместного влияние различных видов порошков на абразивную износостойкость отливок из высокомарганцевой стали. Приведены значения коэффициентов износостойкости отливок из высокомарганцевой стали, модифицированных внутри литейной формы различным количеством выбранных порошков. Представленные результаты могут быть полезны предприятиям, занимающиеся выпуском изделий из высокомарганцевой стали.*

**Ключевые слова:** высокомарганцевая сталь, износостойкость, внутриформенное модифицирование.

**Vdovin K.N.[1], Feoktistov N.A.[2], Gorlenko D.A.[3]**
[1]ORCID: 0000-0003-3244-3327, Professor, PhD in Engineering,
[2]ORCID: 0000-0002-6091-7983, PhD in Engineering,
[3]ORCID: 0000-0002-3040-8635, PhD in Engineering
[1,2,3]Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov

*The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Scientific Fund (Project No. 15-19-10020)*

# INTRAFORM MODIFICATION OF CASTINGS FROM HADFIELD STEEL BY FINELY DISPERSED POWDERS ON THE BASIS OF COMPOUNDS OF REFRACTORY METALS

***Abstract***

*The article discusses the results of the planned experiment on intraform modification of castings from Hadfield steel by fine dispersed powders. The aim of the work is to determine the joint influence of various types of powders on the abrasive wear resistance of castings made from high-manganese steel. The values of the wear resistance coefficients of castings made of high-manganese steel modified inside the mold by a different number of selected powders are given. Presented results can be useful for enterprises engaged in the production of high-manganese steel products.*

**Keywords:** high-manganese steel, wear resistance, intraform modification.

Высокомарганцевая сталь, в частности, сталь Гадфильда, является конструкционным материалом для изготовления отливок, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания [1, С. 61]. Из этой стали изготавливают такие изделия, как: брони и молотки дробильно-размольного оборудования, зубья ковшей экскаваторов, конуса засыпных аппаратов доменной печи, стрелочные переводы железнодорожных путей. Показатели эксплуатационной стойкости в первую очередь зависят от механических свойств высокомарганцевой стали.

На механические свойства стали огромное влиянии оказывают: качество шихтовых материалов, технология выплавки [2, С. 386] и внепечной обработки [3], [4, С. 156], материалы, применяемые для легирования и модифицирования сплава [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11, С. 48 – 50], а также тепловые условия формирования отливки, реализующиеся через скорость охлаждения сплава в литейной форме [12, С. 24].

Технология легирования и модифицирования высокомарганцевой стали традиционным материалами известная очень давно. В качестве легирующих элементов для отливок из высокомарганцевой стали широкое распространение нашли следующие элементы: хром, ванадий, молибден. Для модифицирования (микролегирования) применяют следующие материалы: титан, кальций, различного рода карбонаты. Реализация традиционной технологии легирования и модифицирования металла в плавильной печи или ковше имеет существенный недостаток – это обработка всего объёма жидкого расплава, немалая часть которого расходуется на заполнение литниково-питающей системы, а также остаётся в ковше в виде неиспользованного остатка, который сливается в специально подготовленную технологическую ёмкость.

Реализации технологии внутриформенного модифицирования позволяет воздействовать только на металл, который заполняет отливки внутри литейной формы. Это может привести к экономии дорогостоящих материалов, а также к более рациональному их расходованию.

В настоящее время с целью повышения эксплуатационных свойств отливок широкое промышленное применение находит технология внутриформенного модифицирования мелкодисперсными порошками соединений тугоплавких металлов. Частицы этих порошков закладывают в каналы литниковой системы, либо в специальные камеры, выполненные в литниках. Металл, проходя через эти каналы, увлекает частицы за собой в отливку, что приводит к повышению её потребительских свойств.

Целью данной работы являлось определение влияния различных видов модификаторов на коэффициент абразивной износостойкости.

Для проведения эксперимента использовали стали марки 110Г13Л, химический состав которой регламентирован ГОСТ 977-88.

В качестве модифицирующих материалов использовали порошки двух типов: оксикарбонитрид титана (ОКНТ) и карбид вольфрама (WC) со средними размерами частиц 6 и 80 мкм. Плотность названных порошков существенно отличается: ОКНТ от 5,8 до 5,9 г/см$^3$, а у WC – 15,5 – 15,7 г/см$^3$. Таким образом, ОКНТ при попадании в отливку будет

всплывать, а WC осаждаться на дне отливки. ОКНТ будет относительно равномерно распределяться по объёму отливки, в то время, как WC будет оседать на дне. По этой причине, для результативного модифицирования отливок из стали Гадфильда карбидами вольфрама, рабочая поверхность детали должна располагаться в нижней полуформе.

В ходе проведённых ранее исследований, было установлено, что после модифицирования расплава ОКНТ коэффициент износостойкости повышается с 1,1 – 1,2 до 1,5 – 1,6 ед., а при вводе WC значения коэффициента увеличиваются до 1,4 – 1,5 ед . Механизм влияния этих порошков на износостойкость проявляется в следующем: во-первых, частицы порошков являются центрами кристаллизации, что приводит к измельчению размера зерна аустенита. Во-вторых, частицы модификаторов распределяются по объёму отливки, локально концентрируясь на рабочей (изнашиваемой) поверхности детали. Обладая высокой твёрдостью, они препятствуют внедрению частиц абразива в аустенит.

С целью повышения эффективности обработки расплава высокомарганцевой стали этими порошками, которая будет проявляться в получении высоких значений коэффициента износостойкости исследуемого сплава и снижении себестоимость процесса, можно производить совместное модифицирование ОКНТ и WC. Для этого спланировали и провели рототабельный эксперимент. В качестве ядра плана был реализован полный факторный эксперимент $2^2$, в ходе которого принимали следующее изменение расходов модификаторов: $X_1$ (WC – 0,2, и 0,8 % от массы модифицируемого расплава), $X_2$ (ОКНТ – 0,1 и 0,3 % от массы расплава). Кроме того, провели отдельные эксперименты в реперных точках и центре плана. Полученная в ходе планирования матрица представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента

| № эксперимента | Расход модификаторов (%) от массы обрабатываемого расплава | | | | $X_0$ | $X_1^2$ | $X_2^2$ | $X_1 \cdot X_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | WC | | ОКНТ | | | | | |
| | $X_1$ | кг/т | $X_2$ | кг/т | | | | |
| 1 | -1 | 0,2 | -1 | 0,1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | +1 | 0,8 | -1 | 0,1 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| 3 | -1 | 0,2 | +1 | 0,3 | 1 | 1 | 1 | -1 |
| 4 | +1 | 0,8 | +1 | 0,3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0,5 | 0 | 0,2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | -1,414 | 0,354 | 0 | 0,2 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 11 | +1,414 | 0,707 | 0 | 0,2 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0,5 | -1,414 | 0,141 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 13 | 0 | 0,5 | +1,414 | 0,283 | 1 | 0 | 2 | 0 |

Проведя эксперимент и обработав его результаты (табл. 2), получили адекватные математические зависимости износостойкости и твёрдости высокомарганцевой стали от количества введённых порошковых модификаторов.

В табл. 3 представлены численные значения коэффициентов при факторах математической модели, а также указаны значения критерия Фишера, определяющие адекватность указанных коэффициентов.

Таблица 2 – Свойства экспериментальных сплавов

| № состава | Свойства сплава при скорости охлаждения в литейной форме (ºС/с) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4,5 (1,0) | | 8,9 (1,8) | | 25,0 (5,45) | |
| | Ки, ед. | HRB, ед. | Ки, ед. | HRB, ед. | Ки, ед. | HRB, ед. |
| 1 | 1,49 | 93,9 | 1,51 | 94,2 | 1,62 | 94,5 |
| 2 | 1,51 | 93,3 | 1,56 | 94,6 | 1,64 | 98 |
| 3 | 1,62 | 94,8 | 1,64 | 95,9 | 1,69 | 98,6 |
| 4 | 1,55 | 94,5 | 1,56 | 95,2 | 1,64 | 98,5 |
| 5 | 1,57 | 93,1 | 1,57 | 94,1 | 1,63 | 97,5 |
| 6 | 1,58 | 92,8 | 1,57 | 94,4 | 1,63 | 97 |
| 7 | 1,58 | 93,5 | 1,58 | 94,4 | 1,62 | 97,2 |
| 8 | 1,55 | 93,2 | 1,59 | 94,3 | 1,64 | 97,5 |
| 9 | 1,56 | 93,1 | 1,59 | 94,2 | 1,63 | 96,4 |
| 10 | 1,52 | 92,9 | 1,54 | 94,3 | 1,61 | 97,4 |
| 11 | 1,54 | 93,1 | 1,55 | 94,6 | 1,64 | 97,9 |
| 12 | 1,53 | 93 | 1,57 | 94,5 | 1,64 | 97 |
| 13 | 1,56 | 94,5 | 1,59 | 95,6 | 1,67 | 94,9 |

*Примечание: Ки – коэффициент абразивной износостойкости; HRB – твёрдость по шкале Бриннеля.*

Общий вид уравнения регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad (1)$$

где Y – отклик (износостойкость, твёрдость);

$X_{1(2)}$ – факторы;

$b_0$ – свободный коэффициент уравнения;

$b_i$ – коэффициенты при соответствующих фактора.

Следует отметить, что прочерки, указанные в некоторых столбцах табл. 3, говорят о том, что соответствующий прочерку коэффициент при факторе не является значимым для полученного полинома второй степени.

Таблица 3 – Численные значения коэффициентов в уравнении регрессии, связывающее износостойкость и количество введённых в расплава модификаторов

| Коэффициенты при факторах | Коэффициент износостойкости, $К_И$, ед. | | | Твёрдость сплава, HRB, ед. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Скорость охлаждения сплава, ºС/с | | | Скорость охлаждения сплава, ºС/с | | |
| | 4,5 (1,0) | 8,9 (1,8) | 25,0 (5,45) | 4,5 (1,0) | 8,9 (1,8) | 25,0 (5,45) |
| $x_0$ | + 1,276 | + 1,288 | + 1,332 | + 76,079 | + 77,006 | + 76,076 |
| $x_1$(WC) | - | - | - | - | - | - |
| $x_2$ (ОКНТ) | + 0,027 | + 0,020 | + 0,014 | + 0,528 | + 0,484 | + 0,523 |
| $x_1^2$ (WC) | + 0,052 | + 0,053 | + 0,065 | + 3,835 | + 3,967 | + 3,810 |
| $x_2^2$ (ОКНТ) | + 0,059 | + 0,068 | + 0,078 | + 4,168 | + 4,231 | + 4,232 |
| $x_1 x_2$ (WC-ОКНТ) | - 0,090 | - 0,130 | - 0,070 | + 0,3 | - 1,100 | + 0,900 |
| $F_{расч}$ | 0,669 | 0,747 | 0,722 | 0,688 | 0,670 | 0,681 |
| $F_{табл}$ | 6,09 | 6,09 | 6,09 | 6,09 | 6,09 | 6,09 |

Проанализировав полученные коэффициенты, установили, что при совместном введении в расплав высокомарганцевой стали WC и ОКНТ влияние карбида ванадия незначимо. Физически это можно объяснить неоднородным распределением частиц в аустените из-за высокой его плотности (> 15 г/см$^3$). Из-за этого в процессе заливки расплавом формы происходит локальное скопление частиц модификатора WC в одних зонах поверхности изнашивания, при полном отсутствии в других. Это объясняет его незначительное влияние.

Проведя лабораторный эксперимент и обработав его результаты, сделали следующие выводы:

1. Путём проведения планируемого эксперимента в лабораторных условия и статистической обработки его результатов получены уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь совместного модифицирования высокомарганцевой стали WC и ОКНТ с коэффициентом износостойкости и твёрдостью исследуемого сплава. Уравнения регрессии получены для различных тепловых условий формирования отливки.

2. Обработав результаты лабораторного эксперимента и проанализировав полученные данные, сделали вывод, что карбид вольфрама может выступать в качестве модификатора отливок из высокомарганцевой стали, сопровождающего и усиливающего действие ОКНТ.

**Список литературы / References**

1. Вдовин К.Н. Изучение качественных параметров литой структуры отливки «Зуб ковша экскаватора» / К.Н. Вдовин, Н.А. Феоктистов, Д.А. Горленко и др. // В сборнике: Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. - 2015. - с. 60 – 65.

2. Тен Э.Б. Термодинамические предпосылки управления процессом плавки 110Г13Л измерением активности кислорода в расплаве / Э.Б. Тен, Е.Ю. Лихолобов // Труды международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» Караганда. – 2011. – с. 385 – 387.

3. Тэн Э.Б. Влияние внепечной обработки на структуру и механические свойства стали 110Г13Л / Э.Б. Тэн, Т.А. Базлова, Е.Ю. Лихолобов и др.// Металловедение и термическая обработка металлов. – 2015. – № 3. – с. 26 – 28.

4. Тэн Э.Б. Влияние ковшевой обработки на строение излома стали 110Г13Л в литом и закаленном состояниях / Э.Б. Тэн, Т.А. Базлова, Е.Ю. Лихолобов // Прогрессивные литейные технологии. Труды VI международной научно-практической конференции. – 2011. – с. 155 – 157.

5. Сысоев А.М. Рафинирование и модифицирование стали 110Г13Л комплексом титан-бор-кальций /А.М. Сысоев, В.В. Бахметьев, В.М. Колокольцев // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – № 1. – с. 43 – 45.

6. Цуркан Д.А. Повышение конструкционной прочности стали 110Г13Л и литых деталей, используемых в специальных машинах, легированием Mo, Ni и модифицированием РЗМ /Д.А. Цуркан, А.Н. Леонтьев, А.В. Ишков// Ползуновский Вестник. – 2012. – № 1/1. – с. 334 – 336.

7. Михалев М.С. Влияние малых добавок Ti, V, Nb, Ce, B и N2 на свойства стали 110Г13Л / М.С. Михалев, Р.З. Кац // Литейное производство. – 1970. – № 5. – с. 11 – 12.

8. Колокольцев В.М. Влияние химического состава на структуру и свойства хромомарганцевых аустенитных сталей / В.М. Колокольцев, Л.Б Долгополова, Н.М. Мулявко // Литейные процессы. – 2003. – № 3. – с. 31 – 36.

9. Пилюшенко В.Л. Технологические аспекты микролегирования и модифицирования стали массового значения /В.Л. Пилюшенко, В.А Вихлевщук., С.В. Лепорский // Сталь. – 1990. – № 5. – с. 24 – 26.

10. Федосеев С.Н. Опыт модифицирования стали Гадфильда / С.Н. Федосеев // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии. Секция 6. Материаловедение». – 2014. –Т. 2. – с. 115 – 116.

11. Колокольцев В.М. Исследование механических и эксплуатационных свойств высокомарганцевой стали, легированной азотированным феррохромом / В.М. Колокольцев, К.Н. Вдовин, В.П. Чернов и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2016. – Т.14. – № 3. – С. 46 – 54.

12. Вдовин К.Н. Исследование закономерностей формирования, морфологии и химического состава избыточной фазы в литой высокомарганцовистой стали / К.Н. Вдовин, Д.А. Горленко, Н.А. Феоктистов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2016. –Т.59. – № 7. – С. 491 – 497.

**Список литературы на английском языке / References in Englis**

1. Vdovin K.N. Izuchenie kachestvennykh parametrov litoi struktury otlivki “Zub kovsha ekskavatora” [Study of the Quality Parameters of Cast Structure “Bucket Excavator Tooth”] / K.N. Vdovin, N.A. Feoktistov, D.A. Gorlenko et al. / Collection Contains: Modern Problems of the Mining and Metallurgical Complex. Science and Production. Materials of the Twelfth All-Russian Scientific and Practical Conference (with International Participation.) - 2015. - p. 60-65 [in Russian]

2. Ten E.B. Termodinamicheskie predposylki upravleniya protsessom plavki 110G13L izmereniem aktivnosti kisloroda v rasplave [Thermodynamic Prerequisites for Controlling the Melting Process 110G13L by Measuring the Activity of Oxygen in the Melt] / E.B. Ten, E.Yu. Likholobov // Proceedings of the International Scientific Conference “Science and Education is the Leading Factor of the "Kazakhstan-2030" Strategy” in Karaganda. - 2011. - p. 385-387 [in Russian]

3. Ten E.B. Vliyanie vnepechnoi obrabotki na strukturu i mekhanicheskie svoistva stali 110G13L [Effect of Secondary Treatment on the Structure and Mechanical Properties of Steel 110G13L] / E.B. Ten, T.A. Bazlova, E.Yu. Likholobov et al. / Metallurgy and Heat Treatment of Metals. - 2015. - No. 3. - p. 26-28 [in Russian]

4. Ten E.B. Vliyanie kovshevoi obrabotki na stroenie izloma stali 110G13L v litom i zakalennom sostoyaniyakh [Influence of Bucket Treatment on the Structure of Steel 110G13L Fracture in Cast and Quenched States] / E.B. Ten, T.A. Bazlova, E.Yu. Likholobov // Progressive Foundry Technologies. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. - 2011. - p. 155 - 157 [in Russian]

5. Sysoev A.M. Rafinirovanie i modifitsirovanie stali 110G13L kompleksom titan-bor-kaltsii [Refining and Modifying Steel 110G13L with a Titanium-Boron-Calcium Complex] / A.M. Sysoev, V.V. Bakhmetev, V.M. Kolokoltsev // Bulletin of the Moscow State Technical University named after G.I. Nosov. - 2008. - No. 1. - p. 43 - 45 [in Russian]

6. Tsurkan D.A. Povyshenie konstruktsionnoi prochnosti stali 110G13L i litykh detalei, ispolzuemykh v specialnykh mashinakh, legirovaniem Mo, Ni i modifitsirovaniem RZM [Increasing Structural Strength of Steel 110G13L and Cast Parts used in Special Machines Alloyed with Mo, Ni and Modified by REM] / D.A. Tsurkan, A.N. Leontiev, A.V. Ishkov // Polzunovsky Herald. - 2012. - No. 1/1. - p. 334-336 [in Russian]

7. Mikhalev M.S. Vliyanie malykh dobavok Ti, V, Nb, Se, V i N2 na svoistva stali 110G13L [Effect of Small Additions of Ti, V, Nb, Ce, B and N2 on the Properties of Steel 110G13L] / M.S. Mikhalev, R.Z. Katz // Foundry. - 1970. - No. 5. - p. 11 - 12 [in Russian]

8. Kolokoltsev V.M. Vliyanie khimicheskogo sostava na strukturu i svoistva khromomargantsevykh austenitnykh stalei [Effect of Chemical Composition on the Structure and Properties of Chromium-Manganese Austenitic Steels] / V.M. Kolokoltsev, L.B. Dolgopolova, N.M. Mulyavko // Foundry. - 2003. - No. 3. - p. 31 - 36 [in Russian]

9. Pilyushenko V.L. Tekhnologicheskie aspekty mikrolegirovaniya i modifitsirovaniya stali massovogo znacheniya [Technological Aspects of Microalloying and Modifying Steel of Mass Value] / V.L. Pilyushenko, V.A. Vikhlevshchuk., S.V. Leporskiy // Steel. - 1990. - No. 5. - p. 24 - 26 [in Russian]

10. Fedoseev S.N. Opyt modifitsirovaniya stali Gedfilda [Experience of Modifying Hadfield Steel] / S.N. Fedoseev // Collected Works of the XX International Scientific and Practical Conference “Modern Techniques and Technologies. Section 6. Material Science.” 2014. -V. 2. - p. 115 - 116 [in Russian]

11. Kolokoltsev V.M. Issledovanie mekhanicheskikh i ekspluatatsionnykh svoistv vysokomargantsevoi stali, legirovannoi azotirovannym ferrokhromom [Study of Mechanical and Operational Properties of High-manganese Steel Alloyed with Nitrided Ferrochromium] / V.M. Kolokoltsev, K.N. Vdovin, V.P. Chernov et al. // Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. - 2016. - V.14. - No. 3. - P. 46 - 54 [in Russian]

12. Vdovin K.N. Issledovanie zakonomernostei formirovaniya, morfologii i khimicheskogo sostava izbytochnoi fazy v litoi vysokomargantsovistoi stali [Study of Regularities in the Formation, Morphology and Chemical Composition of the Excess Phase in Cast High-manganese Steel] / K.N. Vdovin, D.A. Gorlenko, N.A. Feoktistov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Ferrous Metallurgy. - 2016. - V.59. - No. 7. - P. 491 - 497 [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.068/**

**Гурьев С.В.**
ORCID: 0000-0002-8332-2915, аспирант,
Нижневартовский государственный университет в г. Нижневартовске

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОСОМ

***Аннотация***

*Насосы используются повсеместно и алгоритмы их управления у всех примерно одинаковы. В данной статье освещаются общие принципы, которые были выделены из практического опыта. В целом трудность в разработке сводится к тому, что хочет получить конечный заказчик. Часто заказчик только примерно представляет, как должен работать насос из-за этого проектный институт формирует алгоритм работы насоса не в полной мере. В результате проект сдается как есть с некоторыми белыми пятнами, но в целом выглядит как вполне рабочий. В результате от таких белых пятен страдает программист и эксплуатация, что в конечном итоге приводит к срыву сроков сдачи или сбоя в работе оборудования. Целью статьи является предоставление основ по тому, как должен работать алгоритм работы насоса, что бы в дальнейшем белых пятен было меньше.*

**Ключевые слова:** насосы, алгоритмы управления, автоматизированные системы управления.

**Guriev S.V.**
ORCID: 0000-0002-8332-2915, Postgraduate student,
Nizhnevartovsk State University in Nizhnevartovsk

# PRINCIPLES OF CONSTRUCTING A PUMP CONTROL ALGORITHM

***Abstract***

*Pumps are used universally and their control algorithms are almost the same for all. This article highlights general principles that have been singled out from practical experience. In general, the difficulty in developing is reduced to what the final customer wants to receive. Often the customer only approximately represents how the pump should work, as a result of this the design institute forms the algorithm of the pump operation not fully. As a result, the project surrenders as it is with some white spots, but on the whole it looks like a fully working one. As a result, from such white spots the programmer and the operation suffers, which ultimately leads to a breakdown of the deadlines for the delivery or malfunction of the equipment. The aim of the article is to provide the basics on how the pump algorithm should work that there will be less white spots later.*

**Keywords**: pumps, control algorithms, automated control systems.

Любая разработка начинается с проекта. Под техническим проектом [1] подразумевается совокупность проектных документов, в которых отражается их общее: назначение, принцип работы, габариты и основные параметры. При организации схемы работы проекта [2] (Рис.1) возможны совмещения функций заказчика, проектировщика, поставщика и разработчика.

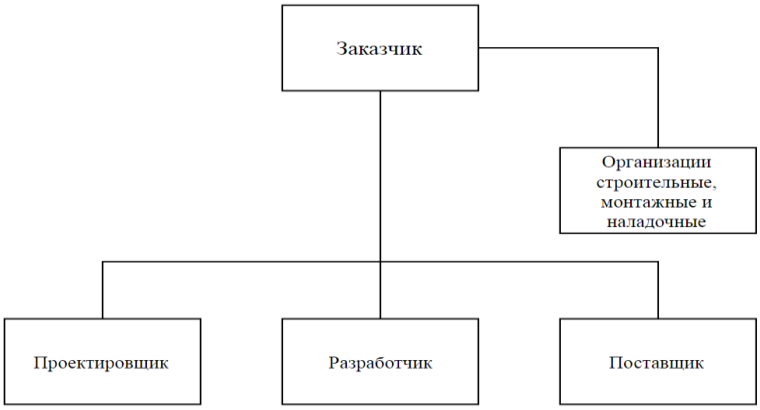



Рис. 1 – Схема организации проекта

Основные стадии создания проекта по управлению насосом [3]:

1. Проектирование [4, С. 5] – этап, на котором проектный институт формирует проектное решение на основе требований заказчика. Формируются основные документы, с указаниями того, что и как использовать. Формируется программа и методика испытаний [5]. Задаются примерно такие вопросы:

a. Какие показания насоса необходимо видеть постоянно?

b. Способ управления насосом удаленно или по месту? Запуск с АРМ (Автоматизированное рабочее место) оператора или кнопкой по месту или с удаленного терминала телемеханики?

c. Что делать если температура подшипника выше 100 градусов Цельсия? Что делать если большой осевой сдвиг?

2. Разработка – этап, на котором начинается работа программиста. По проектной документации пишется программа управления. На этом этапе решаются некоторые проблемы проектирования.

3. ПНР (пусконаладочные работы) – этап, на котором выполняется подключение физических цепей управления, и совместно с заказчиком идёт проверка алгоритмов управления. На этом этапе заказчик понимает, что нужно переделать и как. Так как до этого момента не было полной картины понимания того как оно может быть устроено и работать. Так же узнается, что было закуплено не то оборудование, которое необходимо и его никто не будет менять. Процесс зачастую длительный и утомительный.

4. Внедрение – этап, на котором готовый и обкатанный проект передается в эксплуатирующую организацию. Этап, на котором идёт огромная бумажная работа.

Стадия разработки начинается с того, что получается проектная документация, самыми важными для программиста являются документы, где описываются:

● Входные и выходные сигналы. Представляет собой список с указанием вида сигнала, описания, позиционного обозначения, типа датчика, предела измерения и описания сработки аварий и защит.

● Алгоритмы и способы их разработки. Представляет собой описание с использованием блок-схем, UML, диаграмм переходов, текстовое или иное другое описание.

● Используемые программные и аппаратные средства. Описывается используемый ПЛК, SCADA система, какое дополнительное ПО и т.д. и т.п.

● Технологическая схема если планируется разработка HMI.

ПЛК [6] – программируемая твердотельная система управления, выполняющая функции подобные релейно-контактной логической схеме.

SCADA (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition) [7] – автоматизированная система, предназначенная для разработки или работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления.

HMI (HMI/MMI - Humain/Man Machine Interface [7] – графический интерфейс взаимодействия с пользователем.

**Усредненный алгоритм управления насосом полученный опытным путем [8], [9], [10]**

Необходимо ввести некоторые определения (Таблица 1).

Таблица 1 – Определение необходимых типов структур

| Группа | Тип | Элемент | Описание |
|---|---|---|---|
| Команды (cmd) | Bool* | Reset | Сброс |
| | Bool | StartOper | Включить оператором |
| | Bool | StopOper | Выключить оператором |
| | Bool | StartAuto | Включить Авто |
| | Bool | StopAuto | Выключить Авто |
| | Bool | Auto | Автоматическое управление |
| | Bool | Rem | Дистанционное управление |
| | Bool | Local | Местное управление |
| Состояния (sw) | Bool | On | Состояние вкл/выкл |
| | Bool | Ready | К пуску готов |
| | Bool | Alarm | Неисправность насоса |
| | Bool | StopAlm | Аварийный останов |
| | Bool | AlmStart | Отказ пуска |
| | Bool | AlmStop | Отказ останова |
| | Bool | Oper | Вмешательство оператора |
| | Bool | Auto | Управление автоматическое |
| | Bool | Rem | Управление дистанционное |
| | Bool | Local | Управление местное |
| Аварии (alm) | | AI[0]*** | Какой-либо аналоговый датчик |
| | Bool | AI[0].alm_sen | Отказ датчика |
| | Bool | AI[0].alm_HH | Аварийно верхний уровень |
| | Bool | AI[0].alm_LL | Аварийно нижний уровень |
| | | AI … | |
| | Bool | DI[0] | Какой-либо дискретный датчик |
| | Bool | DI[0].state | Значение на входе |
| | Bool | DI[0].alm_sen | Отказ датчика |
| | | DI … | |
| Выходы (do) | Bool | Start | Пуск |
| | Bool | Stop | Стоп |
| Состояние алгоритма | Int** | State | Переменная |
| | | 0 | Инициализация |
| | | 20 | Авария |
| | | 30 | Включен |
| | | 40 | Выключен |
| | | 130 | Включается |
| | | 140 | Выключается |

*Примечание к таблице 1: * – переменная, которая может принимать значения 0 или 1; ** – переменная, которая может принимать значения -32767 или 32768.*** – значение аналогово датчика в физических величинах.*

Пример аналогово датчика: диапазон измерения электрической величины (эл.в) датчика 4-20ma, физическая величина (ф.в.) 0-100, то при эл.в. = 4, ф.в. = 0, при эл.в. = 6 ф.в. = 12.5 и т.д. и т.п. Часто используется формула линейной интерполяции.

***Подробнее о режимах управления:***

● *Местное управление* – пуск и останов насоса возможен только по месту установки оборудования, команды управления с интерфейса оператора блокируются, контроллер насосом не управляет.

● *Дистанционное управление* – насос управляется командами оператора с ПК, либо по сигналам аварийных защит.

● *Автоматическое управление* – насос управляется в соответствии с алгоритмом автоматического управления.

***Подробнее о состоянии алгоритма:***

● *Инициализация* – изначальное состояние алгоритма. Команд нет, состояние неопределенное, управление не осуществляется. Включается команда Reset для определения текущего состояния.

● Авария – состояние, которое говорит о том, что есть активная авария.

● *Включен* – состояние, которое означает, что насос находится в работе.

● *Выключен* – состояние, которое означает, что насос выключен.

● *Включается* – состояние, которое означает, что насос в данный момент пробует запуститься и перейти в стадию «Включен».

● *Выключается* – состояние, которое означает, что насос в данный момент производит останов и по завершению таймера на ожидание выключение он перейдет в состояние «Выключен» или если по завершению таймера он будет включен, то перейдет в состояние «Авария».

**Подробнее о логике работы насоса:**

● Включенный насос (sw.On = TRUE) может быть выключен по команде от оператора (cmd.StopOper) или автоматически (cmd.StopAuto) по сработке аварии (sw.AlmStop). Не анализируется готовность к запуску (sw.Ready = FALSE).

● Выключенный насос (sw.On = FALSE) может быть включен по команде от оператора (cmd.StartOper) или автоматически (cmd.StartAuto) по определенным параметрам, но только в случае если он готов к запуску (sw.Ready = TRUE).

● В случае если насос находится в аварийном состоянии (sw.Alarm), то он не может включиться, пока не будет подана команда сброс (cmd.Reset). Состояние в аварии выставляется, в случае если алгоритм перешел в состояние 20-Авария.

Обработка алгоритма управления состоит из:

1) Инициализации используемых переменных.
2) Сбор и обработка аварий и готовностей (Рис. 2).
3) Обработка состояния насоса (Рис. 3).
4) Подача управляющих воздействий.

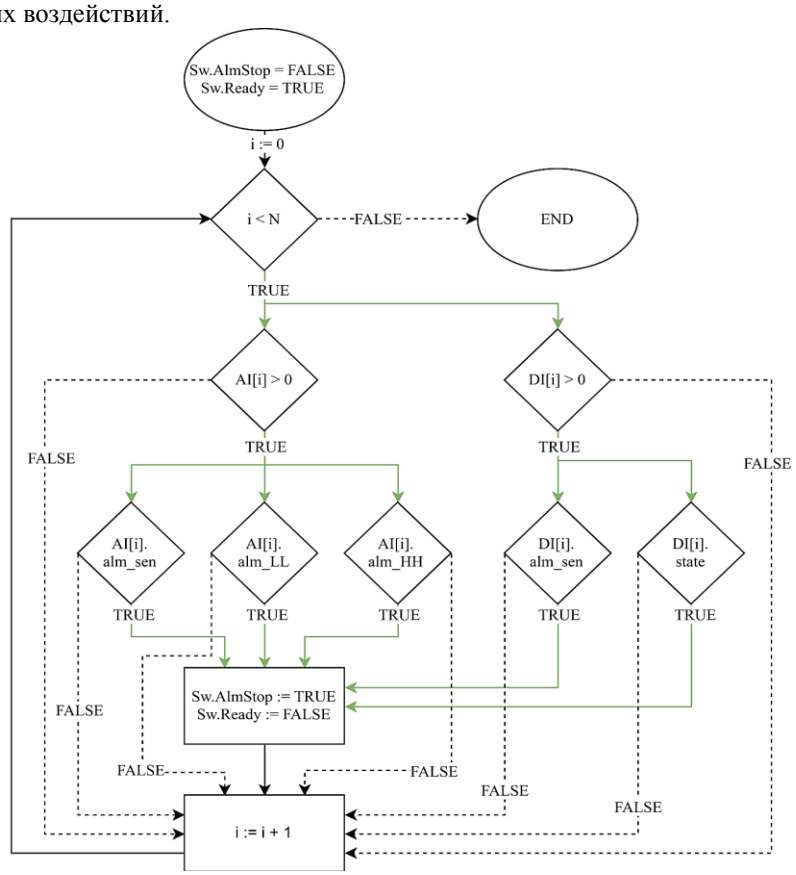



Рис. 2 – Алгоритм сбора аварий и готовности насоса

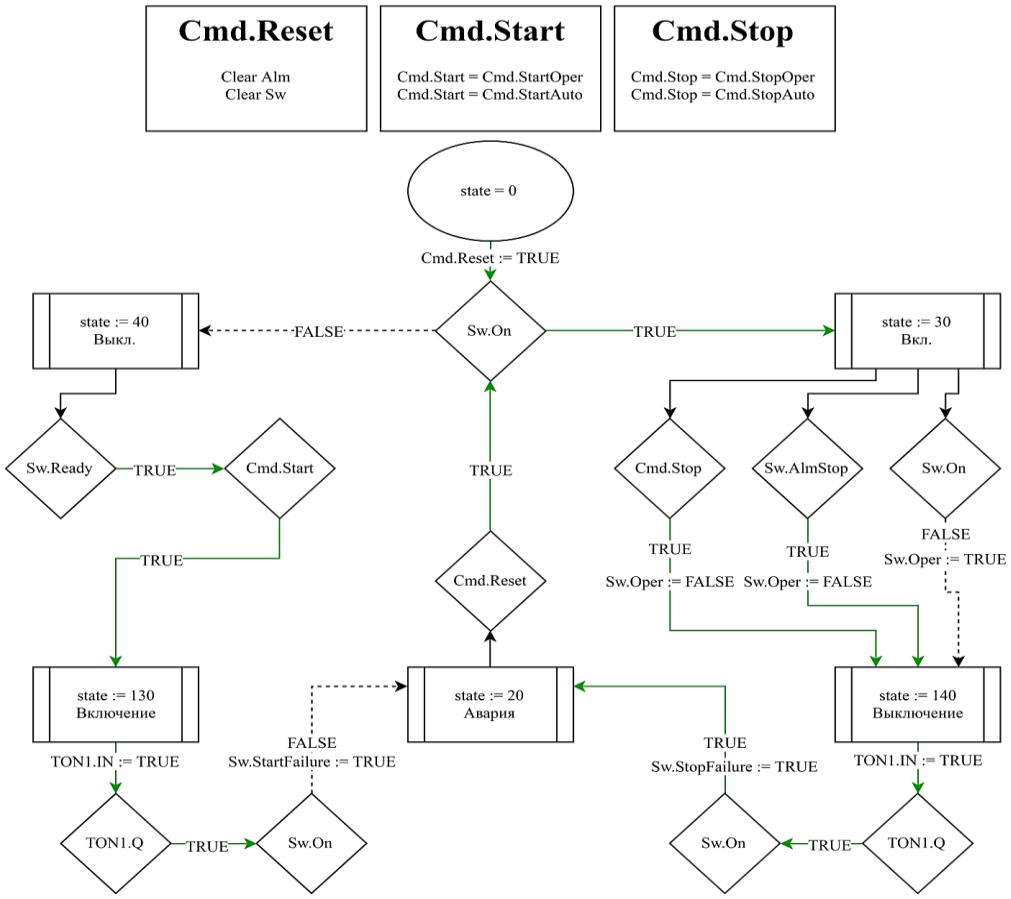



Рис. 3 – Алгоритм обработки состояний насоса

После того как были сформированы основные требования к алгоритмам управления начинается стадия разработки, которая полностью лежит на плечах программиста и от его решений зависит качество получаемого проекта. В общем можно выделить два основных подхода в разработке:

● *Первый* – каждый насос обрабатывается отдельно, т.е. для него выделяется отдельный кусок кода который обрабатывает его и только его.

● *Второй* – создается шаблон (структура, класс и т.д. и т.п.), который включал бы в себя атрибуты объектов, сгруппированные в этот шаблон. В результате можно использовать представление шаблона в виде массива, который удобно обрабатывать с помощью циклов.

**Список литературы / References**

1. ГОСТ 2.103–2013 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки – Введ. 2015-07-01. – М. Стандартинформ, 2015. – 10 с.

2. Организационные модели структур проектной деятельности [Электронный ресурс] // Projectimo.ru Время успешных проектов URL: http://projectimo.ru/upravlenie-proektami/organizacionnaya-struktura-proekta.html (дата обращения: 12.10.2017).

3. ГОСТ 34.601–90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Введ. 1992-01-01. – М. Изд-во стандартов, 1991. – 6 с.

4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев, ред. А.С. Клюева. – 2-е изд., перераб. И доп.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.: ил. ISBN 5-283-01505-X

5. Программа и методика испытаний АСУТП [Электронный ресурс] // automation-system.ru: В мире АСУТП URL: http://automation-system.ru/spravochnik-inzhenera/35-glava8.html (дата обращения: 13.10.2017).

6. ГОСТ Р 55563-2013 Возобновляемая энергетика. Гидроэлектростанции. Автоматизация гидроэлектростанций. Руководство по автоматизированному управлению. – Введ. 2015-07-01. – М. – М. Стандартинформ, 2014.– 59 с.

7. Все о SCADA [Электронный ресурс] // automation-system.ru: В мире АСУТП URL: http://automation-system.ru/main/69-about-scada.html (дата обращения: 13.10.2017).

8. Новый алгоритм управления насосной станцией зоны водоснабжения крупного города [Электронный ресурс] // indusoft.ru: ИНДАСОФТ Промышленная автоматизация URL: https://www.indusoft.ru/media/articles/92/ (дата обращения: 1.10.2017).

9. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции / П.В. Лобачев // Учебник для техникумов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. Стройиздат. 1983. – 191 с., ил. – С. 168–174.

10. Управление насосом с помощью универсального контроллера уровня Контур-У [Электронный ресурс] // relsib.com Рэлсиб Научно-производственная компания URL: https://relsib.com/articles/upravlenie-nasosom-s-pomoschyu-universalnogo-kontrollera-urovnya-kontur-u (дата обращения: 5.10.2017).

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. GOST 2.103–2013 Edinaja sistema konstruktorskoj dokumentacii. Stadii razrabotki [Unified system of design documentation. Stages of development] – Vved. 2015-07-01. – M. Standartinform, 2015. – 10 p. [in Russian]
2. Organizacionnye modeli struktur proektnoj dejatel'nosti [Organizational models of the structures of the project activity] [Electronic resource] // Projectimo.ru Vremja uspeshnyh proektov [Time of successful projects] URL: http://projectimo.ru/upravlenie-proektami/organizacionnaya-struktura-proekta.html (accessed: 12.10.2017). [in Russian]
3. GOST 34.601–90 Informacionnaja tehnologija. Kompleks standartov na avtomatizirovannye sistemy. Avtomatizirovannye sistemy. Stadii sozdanija [Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Stages of creation]. – Vved. 1992-01-01. – M. Izd-vo standartov, 1991. – 6 p. [in Russian]
4. Proektirovanie sistem avtomatizacii tehnologicheskih processov: Spravochnoe posobie [Designing of systems of automation of technological processes: A reference book] / A.S. Kljuev, B.V. Glazov, A.H. Dubrovskij, A.A. Kljuev, red. A.S. Kljueva. – 2nd edition, reprocessed and supplemented. - M.: Jenergoatomizdat, 1990. – 464 p.: il. ISBN 5-283-01505-X [in Russian]
5. Programma i metodika ispytanij ASUTP [Program and test procedure of ASUTP] [Electronic resource] // automation-system.ru: V mire ASUTP [In the world of ASUTP] URL: http://automation-system.ru/spravochnik-inzhenera/35-glava8.html (accessed: 13.10.2017). [in Russian]
6. GOST R 55563-2013 Vozobnovljaemaja jenergetika. Gidrojelektrostancii. Avtomatizacija gidrojelektrostancij. Rukovodstvo po avtomatizirovannomu upravleniju [Renewable energy. Hydroelectric power stations. Automation of hydroelectric power stations. Manual for automated management]. – Vved. 2015-07-01. – M. – M. Standartinform, 2014. – 59 p. [in Russian]
7. Vse o SCADA [All about the SCADA] [Electronic resource] // automation-system.ru: V mire ASUTP [In the world of ASUTP] URL: http://automation-system.ru/main/69-about-scada.html (accessed: 13.10.2017). [in Russian]
8. Novyj algoritm upravlenija nasosnoj stanciej zony vodosnabzhenija krupnogo goroda [New algorithm for controlling the pumping station of the water supply zone of a large city] [Electronic resource] // indusoft.ru: INDASOFT Promyshlennaja avtomatizacija [INDUSOFT Industrial Automation] URL: https://www.indusoft.ru/media/articles/92/ (accessed: 1.10.2017). [in Russian]
9. Lobachev P.V. Nasosy i nasosnye stancii [Pumps and pump stations] / P.V. Lobachev // Uchebnik dlja tehnikumov [Textbook for technical schools]. – 2nd edition, reprocessed and supplemented. – M. Strojizdat. 1983. – 191 p., il. – P. 168–174. [in Russian]
10. Upravlenie nasosom s pomoshh'ju universal'nogo kontrollera urovnja Kontur-U [Pump control with the help of the universal level controller Kontur-U] [Electronic resource] // relsib.com Rjelsib Nauchno-proizvodstvennaja kompanija [Ralsib Scientific-Production Company] URL: https://relsib.com/articles/upravlenie-nasosom-s-pomoschyu-universalnogo-kontrollera-urovnya-kontur-u (accessed: 5.10.2017). [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.106**

**Дмитриев Б.М.**
ORCID: 0000-0002-2668-9956, доктор технических наук,
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана Москва

## ИЗМЕНЕНИЕ ТОЧНОСТИ СТАНКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

***Аннотация***

*Статья посвящена исследованию изменения точности станка под действием термических процессов. Известно, что точность станка изменяется под действием различных процессов (термические процессы, жёсткость и т. д.). В существующей системе знаний станок исследуют как механическую машину, в которой процессы, изменяющие точность станка, действуют независимо. Развитие станкостроения привело к усложнению конструкции до состояния термодинамической системы, в которой процессы оказывают влияние друг на друга. В статье приводятся результаты исследования одновременного действия термических процессов на изменение как геометрической точности так и жёсткости.*

**Ключевые слова:** станок, изменение жёсткости, геометрическая точность станка, термический процесс, взаимное влияние процессов, точность конструкции станка.

**Dmitriev B.M.**
ORCID: 0000-0002-2668-9956, PhD in Engineering,
Bauman Moscow State Technical University, Moscow

## CHANGING OF THE MACHINE ACCURACY UNDER THE ACTION OF THERMAL PROCESSES

***Abstract***

*The article is devoted to the study of the change in the machine accuracy under the influence of thermal processes. It is known that the accuracy of the machine changes under the influence of various processes (thermal processes, rigidity, etc.). In the existing knowledge system, the machine is examined as a mechanical vehicle in which the processes that change the accuracy of the machine operate independently. The development of machine-tool construction has led to the complication of the design to the state of the thermodynamic system in which the processes influence one another. The article presents the results of the study of the simultaneous action of thermal processes on the variation of both geometric accuracy and rigidity.*

**Keywords**: machine, change of rigidity, geometrical accuracy of the machine, thermal process, mutual influence of processes, accuracy of machine design.

Станок как машина для производства деталей изделий машиностроения выполняет три основные функции. Формирование из заготовки требуемой конфигурации детали, формирование точных размеров детали и обеспечение производительности производства этих деталей. Точность деталей обеспечивает качество производимых изделий машиностроения [1, С. 26]. Производительность процесса обеспечивает требуемый темп сборки. Процесс формирования всех трёх свойств обеспечивается путём совершения работы по съёму стружки с заготовки.

Формирование детали зависит от кинематики станка. Данный параметр во время эксплуатации практически не изменяется [2, С. 42]. Два других свойства зависимы и во время рабочего процесса изменяют свои параметры. Существующая система знаний (ССЗ) рассматривает станок как механическую машину для совершения работы для придания заготовке требуемой конфигурации детали [3, С. 4]. Теория точности обработки исследует причины, изменяющие как точность производимых деталей, так и производительность процесса резания, исходя из того, что эти причины независимы в своём действии. Исследование этих причин проводятся в статическом состоянии [4, С. 143]. Теория точности обработки была разработана применительно к управлению точностью размеров. Для обеспечения параметров точности и производительности процесса производства деталей, конструкция станка должна обладать свойствами, обеспечивающими как точность, так и производительность. В конструкции станка эти функцию выполняет базовое свойство — это жёсткость конструкции [5, С. 8].

Для обеспечения стабильного производства годных деталей требуется, чтобы параметры жёсткости конструкции во время рабочего процесса сохраняли постоянство своих параметров. Современный уровень вопросов точности деталей характеризуется проблемной ситуации, которая состоит в том, что к вопросам точности производимых деталей, по мимо точности размеров, предъявляет требования по обеспечению отклонения формы и расположения [6, С. 27].. Практика эксплуатации изделий машиностроения показывает, что отклонения формы и расположения поверхностей деталей влияют на качество изделий, т. к. определяют качество стыков [7, С. 28]. Существующая теория точности не имеет в своём арсенале возможности управлять формированием этими отклонениями. Процесс формирования отклонениями представляет собой явление, которое зависит от иных причин, чем формирование погрешности размера.

В существующей практике имеются работы, показывающие на наличие процесса изменения жёсткости конструкции при действии термических воздействий [8, С. 3], [9].

В работе [8] представлена причина изменения жёсткости шпиндельных опор. Она состоит в том, что источником изменения жёсткости под действием теплоты является изменение условия контакта на поверхностях соединения. Из проведённых исследований стало ясно, что источником изменения жёсткости является активное соединение, в котором проявляется одновременно изменение жёсткости и образование теплоты в одном месте и в одно время. Однако в конструкции имеется набор неподвижных стыков, в которых нет образования теплоты.

Для получения информации о поведении неподвижных стыков с позиций изменения жёсткости, в которых не образуется теплота, был поставлен эксперимент. Производили оценку состояния конструкции токарного станка по параметрам угловой жёсткости в горизонтальной плоскости (рис.1). Работа производилась на холостом ходу. В одном случае исследовали поведение конструкции токарного станка, когда работа производилась без работы шпинделя (1). Второй эксперимент состоял в аналогичном режиме исследований, но в этом случае работали все механизмы конструкции, включая шпиндель (2).

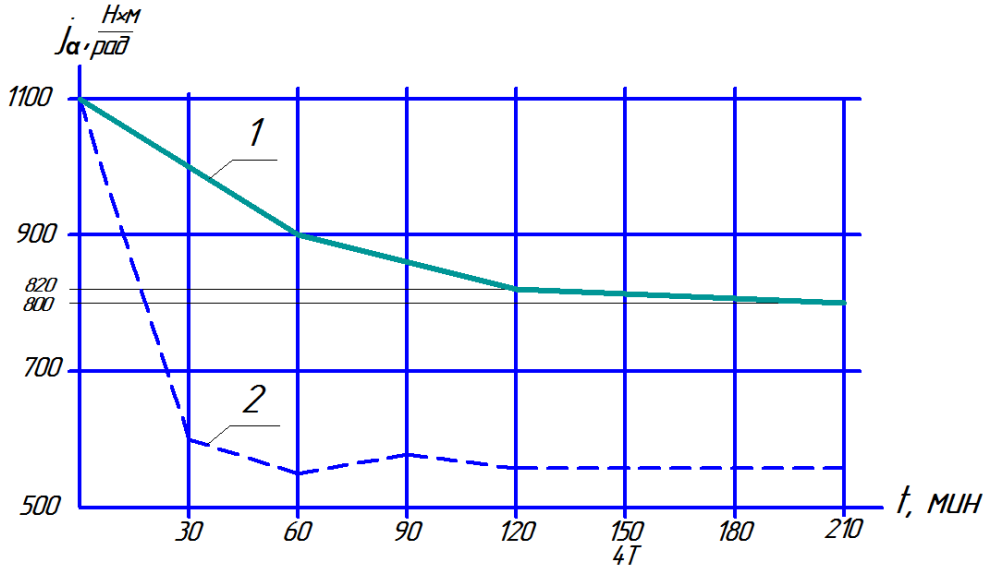
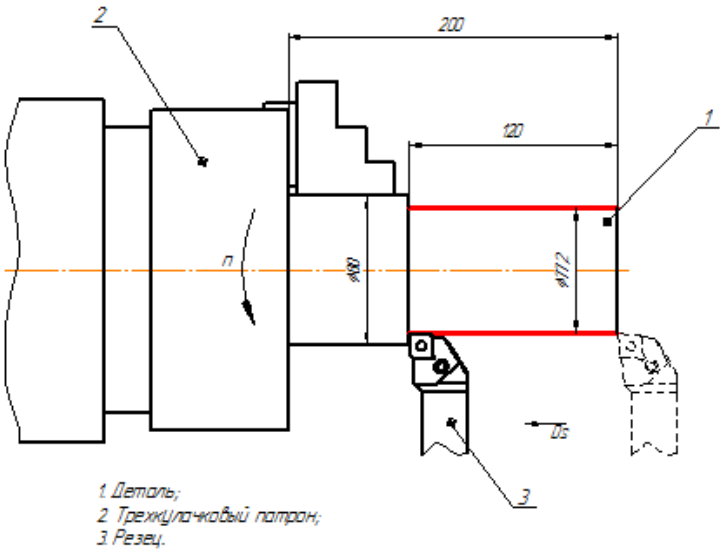



Рис.1 – Изменение параметров жёсткости конструкции во время рабочего процесса

Эксперимент показал, что конструкция изменяет величину жёсткости в обоих случаях. При этом интенсивность изменения разная. Она более интенсивна во время работы всех механизмов. Это говорит о том, что изменение жёсткости происходит как в активных сопряжениях, так и в неподвижных стыках.

Работа станка приводит к образованию теплоты, которая приводит к изменению жёсткости конструкции. Известно, что жёсткость во многом определяет точность обработки. Изменение параметров жёсткости во время рабочего процесса является процессом и его действие будет отражаться не только на погрешности размера, но и на других параметрах точности поверхностей производимых деталей.

Для выяснения этого положения произвели оценку такого параметра как отклонение формы на поверхностях произведённых деталей. Исследование производили на станке токарного типа (16К20 Ф3). Производили обработку партии деталей. На рис.2 представлена схема обработки заготовки.




| N | t,мм | S,мм/об | V,м/мин | n,об/мин |
|---|---|---|---|---|
| Черновое точение | 1 | 0,2 | 168 | 670 |
| Чистовое точение | 0,4 | 0,07 | 251 | 1000 |

Рис. 2 – Схема обработки заготовки

Для того чтобы исключить влияние износа инструмента, заготовку обрабатывали черновым резцом, а чистовые проходы осуществляли остро заточенными (резец токарный проходной упорный 16*10*100 ВК8). На рис. через определённые промежутки времени производили оценку отклонения формы произведённых поверхностей. Оценку осуществляли на микроскопе УИМ-21 с помощью микрокатора МИК 1ИГП 0,050 0,001 МИК. Оценивали так же значение величины термических деформаций конструкции. Результаты представлены на рис. 3.

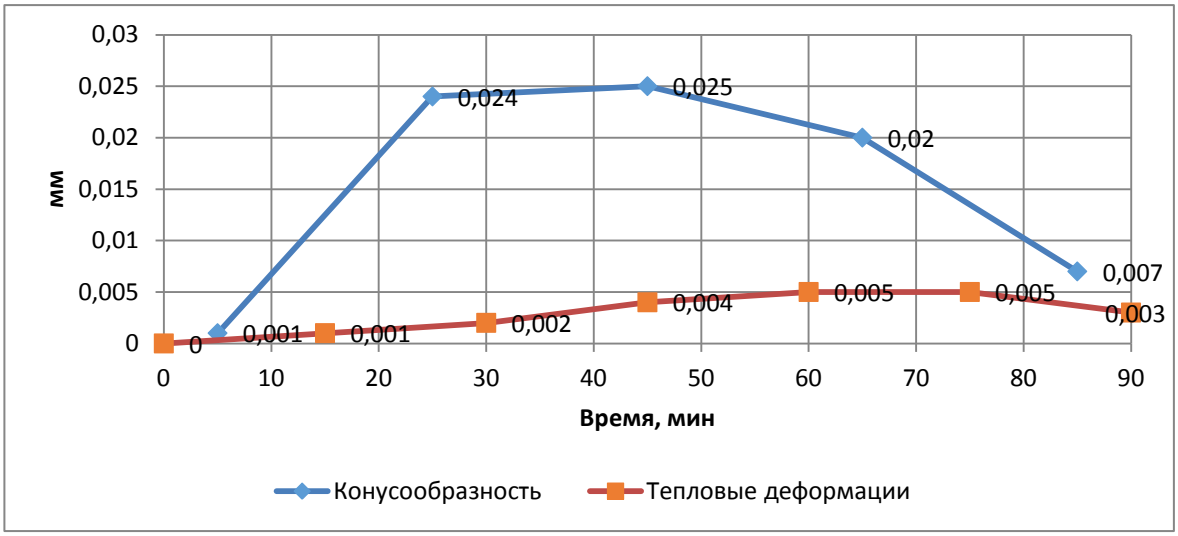



Рис. 3 – Изменение величины конусообразности и термических деформаций в течение эксперимента

Исследования обнаруживают изменение отклонения формы в виде конусообразности, которая изменяется по величине за время эксперимента. Наиболее важный факт из этого эксперимента состоит в том, что обнаруживается изменения жёсткости от действия термических процессов.

Для обеспечения точности производства деталей, возникает необходимость управления данным процессом. Для того чтобы управлять процессом прежде требуется знать набор параметров, определяющих существо данного процесса, т.е. выяснить цель стабилизации процесса.

Цель данного исследования состоит в том, чтобы определить базовые показатели, определяющие ход процесса изменения жёсткости конструкции станка.

Пред идущие эксперименты проводили при фиксированной частоте вращения шпинделя. Возникает вопрос о степени влияния интенсивности теплообразования на интенсивность изменения жёсткости. На рис.4 представлена зависимость изменения жёсткости от интенсивности теплообразования, полученная экспериментальным исследованием.

Проводили исследование интенсивности изменения параметров жёсткости при разных параметрах теплообразования (за счёт изменения частоты вращения шпинделя). Результаты показали, что влияние интенсивности теплообразования на интенсивность изменения жёсткости конструкции носит не линейный характер (рис 3). Характер изменения жёсткости не противоречит экспоненциальной зависимости

$J(t)=886{,}7\times\exp(-t/1025)+353{,}6$ [Н·м/рад]

где j(t) изменение угловой жёсткости в горизонтальной плоскости конструкции; t – постоянная времени процесса.

С увеличением поступающей теплоты в конструкцию изменения увеличиваются, однако при значительном количестве поступающей теплоты процесс изменяет свою интенсивность, он ослабевает.

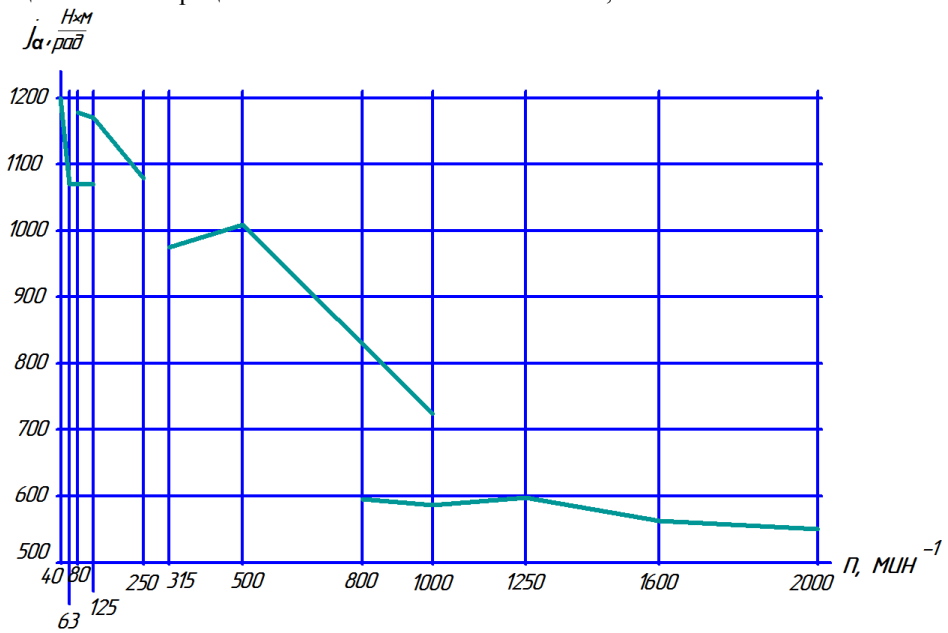



Рис.4 – Влияние интенсивности режимов работы конструкции на изменение жёсткости конструкции

Теплообразование оказывает влияние на два процесса, которые изменяют точность станка. Оно действует в одном пространстве конструкции и в одно время. И проявляется в термических деформациях конструкции, которые прямым действием изменяют точность станка, изменяя параметры геометрической точности станка. И изменение жёсткости конструкции, которые также изменяют точность станка, но действуют через изменение внутренних свойств конструкции.

Возникает вопрос о согласованном влиянии термических процессов на процесс изменения точности станка. В случае наличия такой связи, то по изменению геометрической точности станка можно судить об изменениях внутри конструкции. Данное обстоятельство позволит исследовать процесс изменение жёсткости конструкции, производя оценку прямым измерением параметров геометрической точности станка. Были произведены исследования такого процесса с целью установления такой зависимости. В качестве параметров геометрической точности станка были выбраны параметры, определяющие положение базы заготовки относительно инструмента. Для токарного станка это пять координат, три линейных, определяющих положение заготовки в пространстве и две угловых. В качестве параметра, определяющего жёсткость конструкции, был выбран параметра угловой жёсткости в горизонтальной плоскости, определяющего точность обработки. В результате проведённых исследований была установлена связь между изменением жёсткости и изменением параметров геометрической точности. Исследования показали однозначную связь изменения жёсткости от действия термических воздействий и изменением параметров геометрической точности.

Данная связь имеет следующий вид:

$$j(t) = j_0 - K_{уг}[k_a\cdot\overline{\alpha}(t)+k_b\cdot\overline{\beta}(t)] - K_{лин}[k_x\cdot\overline{\delta}_x(t)+k_y\cdot\overline{\delta}_y(t)+k_z\cdot\overline{\delta}_z(t)] \quad Н\cdot м/рад$$

где $j_0$ – начальное значение жёсткости конструкции; j(t) – характеристика процесса изменения жёсткости во время рабочего процесса; $K_{уг}$, $K_{лин}$ – коэффициенты, согласующие размерность жёсткости угловых и линейных деформаций соответственно; $k_a$, $k_b$ – коэффициенты влияния конструкции на угловые деформации; $k_x$, $k_y$, $k_z$ - коэффициенты влияния конструкции на линейные деформации; α(t), β(t) – величины угловых деформаций конструкций при действии определённого значения частоты вращения шпинделя; $\delta_x(t)$, $\delta_y(t)$, $\delta_z(t)$ - величины линейных деформаций конструкций при действии определённого значения частоты вращения шпинделя.

Определив взаимосвязь между внешним признаком процесса и внутренним изменением состояния конструкции, возникает вопрос о степени и характере изменения точности производимых поверхностей деталей за время работы станка в течение смены. В существующей системе знаний основное направление работ было посвящено исследованию точности размеров производимых деталей [10, С. 13], [11, С. 26] Для обнаружения такой связи прибегли к

экспериментальному методу. В качестве технического объекта использовали токарный станок. Производили обработку партии заготовок. Периодически производили измерение точности обработки. Измерение производили в трёх сечениях вдоль оси произведённых деталей. На графике (рис 5) представлены результаты эксперимента. Эксперимент показал на наличие изменения отклонения формы, произведённых поверхностей деталей за время эксперимента. Изменяется как величина отклонения, так и характер отклонения. В начале эксперимента образуется прямая конусообразность, после непродолжительной работы изменяется на обратную. Последующая работа характеризуется формированием вогнутости с постепенным уменьшением её величины.

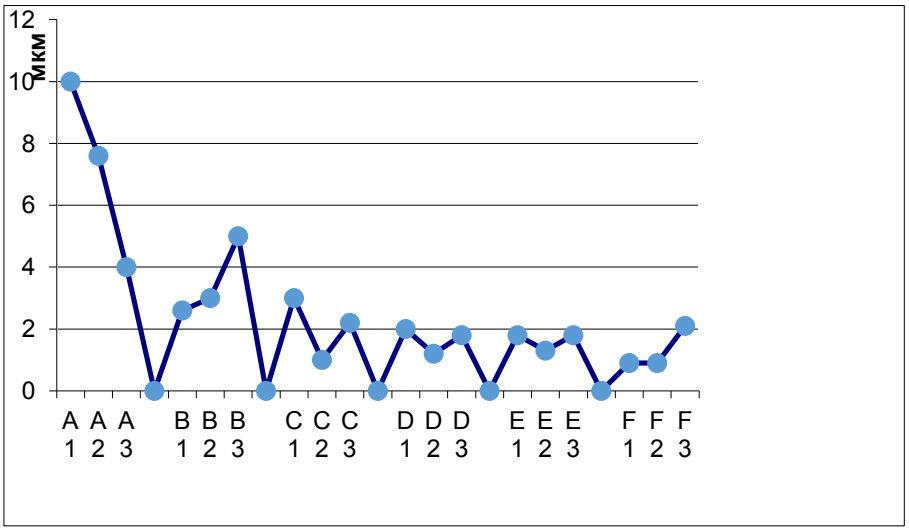



Рис. 5 – Изменения погрешности обработки во времени; 1;2;3 – сечения вдоль оси детали; Моменты времени измерений отклонений: A – 30 мин; B – 60 мин; C – 120 мин; D – 180 мин; E – 240 мин; F – 300 мин

Проведены исследования процесса влияние термических процессов на точность станка показали, что термические процессы оказывают влияние на точность станка по двум взаимосвязанным направлениям. Это изменение параметров геометрической точности станка и изменение жёсткости конструкции. на токарном станке. В существующей системе знаний (ССЗ) конструкция металлорежущего станка рассматривается как механическая машина для производства механической работы по образованию конфигурации детали путём совершения процесса резания. Возникающие силы как механические, так и термические рассматриваются как действующие на поведение конструкции не зависимо друг от друга. Поведение конструкции современного станка требует рассмотрения его поведения как термодинамической системы (ТДС), т.е. с учётом взаимного влияния процессов

Основой такого взаимодействия является наличие в конструкция соответствующего количества стыков, которые при действии теплоты изменяют качество прилегания поверхностей. Такие изменения приводят к изменению жёсткости стыков и жёсткости конструкции в целом.

**Выводы**

1. В ССЗ силу того, что исследование жёсткости конструкции производится в статическом состоянии, в силу этого нет возможности определить факт изменения жёсткости от действия теплоты

2. Приток дополнительной энергии в конструкцию в виде теплоты, приводит к изменению состояния стыков, определяющих жёсткость в целом конструкции

3. В силу того, что жёсткость конструкции определяется всем составом стыков, то вся конструкция пронизана теплотой и это изменяет жёсткость всей конструкции. В силу свойств распространения теплоты по конструкции по всем направлениям, то это приводит к тому что все стыки подвергаются действию по изменению жёсткости

4. В результате проведённых исследований установлен набор показателей, определяющих объём проводимых исследований для управления процессом изменения жёсткости при действии термических воздействий при проведении разработок новых станков

5. В связи с тем, что в своём развитии станочные системы перешли в разряд ТДС и внутренняя структура станка обрела свойство взаимодействия составных частей посредством обмена энергией, в связи с этим исследование свойства внутренне структуры требует исследования её как ТДС.

**Список литературы / References**

1. Проников А.С. Парамтрическая надёжность машин. /А.С. Проников. –М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002, -500с.

2. Пуш В.Э. Металлорежущие станки. / В.Э. Пуш, В.Г. Беляев, А.А. Гаврюшин и др.: под ред. В.Э. Пуша. –М.: Машиностроение,1985, - 256 с.

3. Авраамова Т.М. Металлорежущие станки. /В 2 т. Т.1. Т.М. Авраамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др.; под общ. ред. В.В. Бушуева.– М.: Машиностроение, 2012, - 608с.

4. Суслов А.Г. Научные основы технологии машиностроения. / А.Г. Суслов, А.М.Дальский. - М.: Машиностроение, 2002. – 646 с.

5. Чернянский П.М. Основы проектирования точных станков. / П.М Чернянский – М.: Кно Русь, 2010, - 240 с.

6. ГОСТ 24462-83. Отклонения и допуски расположения. Понятия и определения. Введён 1983–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 27 с.

7. Фецак С.И. Зависимость показателей качества обработанной детали от динамической системы станка. / Фецак

С.И., Кудояров Р.Г., Идрисова Ю.В., и др. //СТИН, №7, 2015, - С12-16.

8. Енджеевски Е. Влияние тепловых изменений зазора в подшипниках качения на жесткость шпиндельных узлов. / Е. Енджеевски, В. Квасьны // Станки и инструменты. – 1977. – №4. – С. 10-12.

9. Наружный Н.В. О влиянии тепловыделения в опорах на жёсткость шпинделя токарно-револьверных автоматов./ Н.В.Наружный, А.А.Николаев, В.В. Солоха //Известия Вузов, Машиностроение, 1985, №11, С 24-26.

10. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков. / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман –М.: Машиностроение, 1986, - 187 с.

11. Соколовский А.П. Точность механической обработки и пути её повышения./ А.П. Соколовский. Машгиз, 1951, - 209 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Pronikov A.S. Paramtricheskaja nadjozhnost' mashin. [Parametric reliability of machinest] /A.S. Pronikov. –M.: Izd-vo MGTU im. Baumana,.2002, -500 p . [in Russian]

2. Push V.Je. Metallorezhushhie stanki. [Metal-cutting machines] / V. E. Push, V.G. Beljaev, A.A. Gavrjushin i dr.: pod red. V.Je. Pusha. –M.: Mashinostroenie,1985, - 256 p. [in Russian]

3. Mettalloreguhcie stanki [Metal-cutting machines] /V. 2 T. T.M. Avraamov, V.V. Buchuev, L.Y. Gilovoi i dr; T.1. – M.: Mahinostroenie, 2012. - 608p. [in Russian]

4. Suslov A.G, Nauchnie osnovi mahinostroeniy [Scientific fundamentals of engineering technology], / A.G. Suslov, A.M. Dalski -M.: Mahinostroenie. 2002. – 646p. [in Russian]

5. CHernynski P.M. Osnovi proektirovaniy tochnih stankov. [Basics of designing precision machines]. – M. : Kno-Russ. 2010, -240 p. [in Russian]

6. GOST-24462-83. Otklonenie i dopuski raspologeniy. Ponytiy I opredeleniy [Deviations and tolerances of location. Concepts and definitions] It was introduced on 1983-01-01. - Moscow:, Vveden 1983–01–01. –M.: Iz-vo stsndartov. 2001. – 27 p. [in Russian]

7. Fezak C.I. Zavicimoct pokazatelei kachestva obrabotannoi detail ot dinamichezkoi ziztem ztanka. [Dependence of the quality of the processed part on the dynamic machine system]. / C.I. Fezak, R.G. Kudoyrov, U.B. Idrisova, R.R. Baharov. // STIN,. №7, 2015, - P12-16[in Russian]

8. Endgeevzki E. Vliynie teplovih izmeneni zazora v podhipnikah kacheniy na chpindelnich uzlov [The effect of thermal changes in the clearance in rolling bearings on the rigidity of spindle knots] / E. Endgeevzki, B. Kvazni //Ztanki i instrument. – 1977. – №4. – P 10-12. [in Russian]

9. Narugni N.V., Nikolaev A.A., Zolocha V.V. O vliynii teplovideleniych v oporach na gezkoct chpindelny tokarno-revolvernich ztankov [On the effect of heat release in the supports on the rigidity of the spindle of lathe-turret machines]. / N.V. Narugni, A.A. Nikolaev, V.V. Zolocha.// Izvestiya Vuzov, Machinozrtoenie. 1985, №11, P 24-26. [in Russian]

10. Rechetov D.N. Tochnoct metalloreguzich znankov. [The accuracy of machine tools]./ D.N. Rechetov, V.T. Portman V.T. –M.: Mahinostroenie. 1986, -187p.

11. Zokolovzki A.P. Tochnoct mechanihezkoi obrabotki i puti povicheniy. [Accuracy of machining and ways to increase it]./ A.P. Zokolovzki, - M.: Machgiz 1951, - 209 c. [in Russian]

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index

*Мы настоятельно рекомендуем всем нашим авторам зарегистрироваться в системе **Science Index РИНЦ.***

*Таким образом, авторы могут более детально контролировать список своих публикаций, не только в нашем журнале, но и во всех научных изданиях, входящих в РИНЦ. Регистрация в системе также позволит узнать индекс научного цитирования автора и его публикаций.*

*Подробную инструкцию по регистрации в системе Science Index РИНЦ Вы можете найти на нашем сайте **http://research-journal.org/** в разделе «Полезно знать».*

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.073**

**Егоров И.Н.[1], Егоров Н.Я.[2]**
[1]Доцент, кандидат технических наук, [2]доцент, кандидат технических наук,
[1]Донской государственный технический университет;
[2]Южный федеральный университет

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00365*

# ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В БИЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОШКА

***Аннотация***

*Обосновывается необходимость использования при измельчении дисперсных сред ферромагнитных материалов в бильной мельнице переменного неоднородного и постоянного магнитных полей. Рассматривается кинетика измельчения грубодисперсного материала гексаферрита стронция в мельнице в магнитоожиженном слое. Приведены удельные энергозатраты при измельчении в различных условиях. Методами рентгеноструктурного анализа и сканирующей электронной микроскопии исследованы изменения гранулометрического состава и структурных характеристик в порошке при измельчении. Установлено, что обработка дисперсной среды в магнитоожиженном слое приводит к значительной интенсификации процесса измельчения и увеличению микроискажений кристаллической решетки.*

**Ключевые слова:** гексаферрит стронция, бильная мельница, кинетика измельчения, магнитоожиженный слой, энергоэффективность, рентгеноструктурный анализ.

**Egorov I.N.[1], Egorov N.Ya.[2]**
[1]Associate professor, PhD in Engineering, [2]Associate professor, PhD in Engineering,
[1]Don State Technical University;
[2]Southern Federal University

*The work was supported by a grant from the Russian Foundation for Basic Research No. 16-38-00365*

# THE INFLUENCE OF CONDITIONS OF MILLING IN A HAMMER MILL ON EFFICIENCY OF THE PROCESS AND STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE POWDER

***Abstract***

*The necessity of ferromagnetic materials using when grinding dispersed media of ferromagnetic materials in hammer mill of alternating non-uniform and constant magnetic fields is substantiated. The kinetics of grinding a coarse-dispersed strontium hexaferrite material in a mill in a magnetized fluid layer is considered. Specific energy inputs are given for grinding in various conditions. X-ray diffraction analysis and scanning electron microscopy were used to study the changes in the granulometric composition and structural characteristics in the powder during grinding. It has been established that the treatment of a disperse medium in a magnetized fluid layer leads to a significant intensification of the grinding process and an increase in the microcrystallization of the crystal lattice.*

**Keywords**: strontium hexaferrite, hammer mill, kinetics of grinding, magnetized fluid layer, energy efficiency, X-ray diffraction analysis.

В настоящее время порошки гексаферрита стронция широко используются в промышленности для изготовления спеченных магнитов и магнитопластов. Один из наиболее часто применяемых методов получения тонкодисперсных порошков ферромагнитных материалов является механическое измельчение. На качество готового изделия влияет не только технология его изготовления из порошка, но и условия получения тонкодисперсного материала при измельчении, а также физико-химические, технологические, структурные характеристики конечного продукта [1], [2]. При этом важной экономической составляющей процесса измельчения является удельный расход энергии.

Использование электромагнитного воздействия на обрабатываемый материал в рабочей камере мельницы с целью перевода дисперсной среды в магнитоожиженное состояние обеспечивает интенсификацию процесса измельчения и снижение энергозатрат [3], [4], [5].

Целью работы является анализ влияния условий обработки грубодисперсного материала в бильной мельнице на энергонапряженность процесса, степень измельчения, гранулометрический состав и структурное состояние конечного продукта.

Критериями оценки измерений, происходящих с дисперсным материалом в результате измельчения выбраны: средний размер частиц $d_{cp}$, степень измельчения, т.е. отношение средних максимальных линейных размеров частиц до и после измельчения, гранулометрический состав, величина микроискажений кристаллической решетки. Эффективность процесса измельчения оценивали по количеству энергии израсходованной на единицу массы готового продукта.

Измельчение проводили в бильной мельнице в которой била вращаются с частотой 15,0 тыс. об/мин. Для исследования использовали грубодисперсный материал гексаферрита стронция ($SrFe_{12}O_{19}$), имеющий широкий диапазон размеров частиц, гистограмма которого приведена на рис. 1. Из рисунка видно, что процентное содержание $\Delta n/n$ частиц, имеющих размеры (600-800) мкм составляет 3%, в области (3000-3200) мкм - $\Delta n/n = 1\%$, наибольшее количество частиц $\Delta n/n = 20\%$ обладают размерами (1400-1600) мкм. Средний и наиболее вероятный размеры частиц составили 1558,5 мкм и 1420 мкм, соответственно.

Динамика изменения гранулометрического состава порошка при измельчении исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа Ziess Supra 25.

Исходный дисперсный материал гексаферрита стронция измельчали в мельнице в течение 120 мин без электромагнитного воздействия (режим 1) и в магнитоожиженном слое, образованном из обрабатываемого материала магнитными полями: постоянным с индукцией 15,3 мТл и переменным неоднородным с градиентами индукции 90 мТл/м (режим 2) и 270 мТл/м (режим 3). Силовые линии однородного и неоднородного магнитных полей располагались во взаимно перпендикулярных направлениях и параллельно плоскости вращающихся бил, что обеспечивало движение частиц обрабатываемого материала в горизонтальных плоскостях приводящее к самоизмельчению [6].

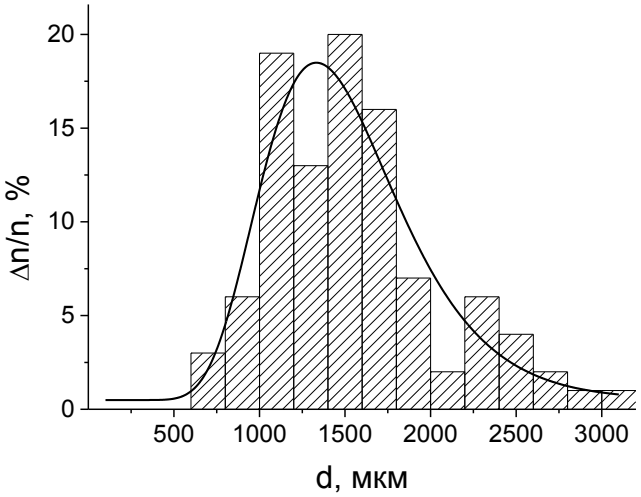
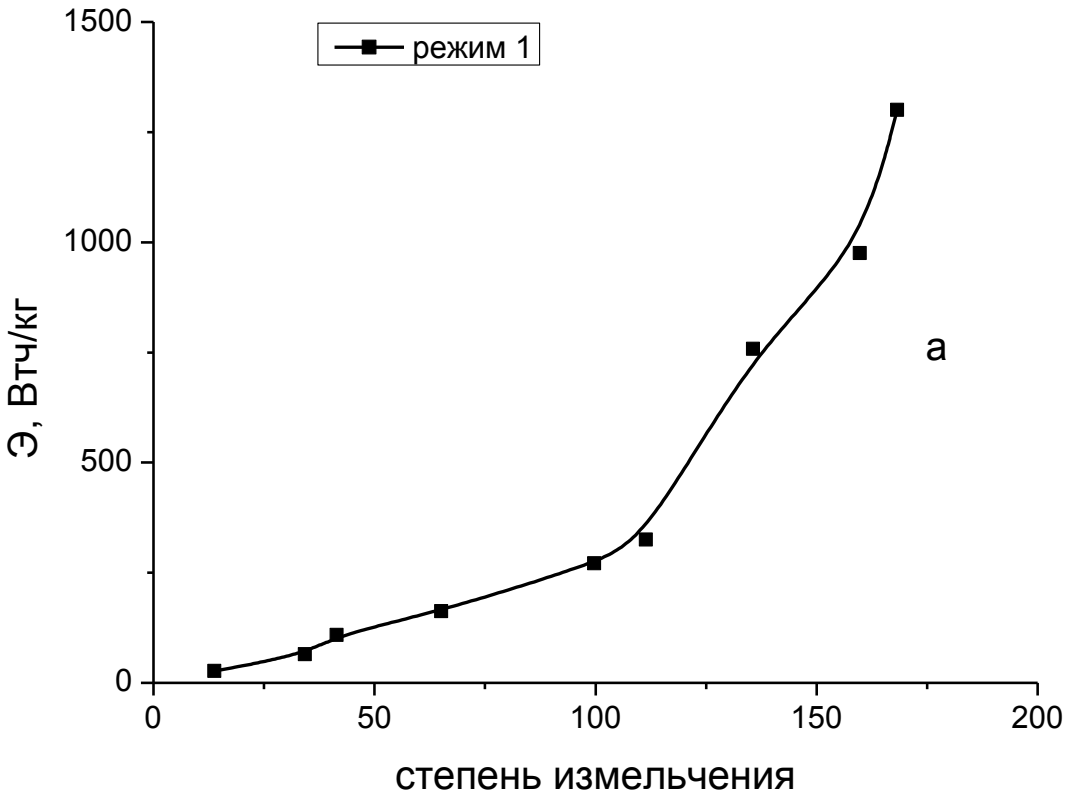



Рис. 1– Гистограмма распределения частиц по размерам исходного крупнодисперсного материала гексаферрита стронция и аппроксимирующая кривая логарифмически нормального распределения

Измельчение исходного материала в течение одинакового времени в различных режимах требует различного расхода энергии. Например, при обработке дисперсной среды в течении 90 мин в магнитоожиженном состоянии в режимах 2 и 3 энергозатраты только на питание электромагнитов при измельчении 1 кг составят 588 и 1615 Втч, соответственно. Общую характеристику процесса измельчения можно проследить из сопоставления зависимостей удельного расхода энергии от степени измельчения (рис. 2). Из представленной на рис. 2а зависимости следует, что после 90 минут обработки в режиме 1 удельный расход энергии 975 Втч/кг и степень измельчения полученного продукта 160. При обработке исходного материала в режимах 2 и 3 удельный расход энергии значительно увеличился до 1563 и 2591 Втч/кг, но и степень измельчения возросла до 2055 и 2707, соответственно. Средний размер частиц получаемого порошка гексаферрита стронция при измельчении в режимах 1, 2 и 3 составил 9,75 мкм, 0,76 мкм и 0,58 мкм, соответственно. Из гистограмм распределения частиц по размерам порошка гексаферрита стронция, полученного после измельчения в режимах 1, 2 и 3 в течение 90 мин и аппроксимирующих их кривых логарифмически нормального распределения, представленных на рис. 3 следует, что наиболее вероятный размер частиц составил 2,84 мкм, 0,36 мкм и 0,34 мкм, соответственно. Уже из приведенных характеристик получаемого продукта видны преимущества измельчения в магнитоожиженном слое.

Наиболее вероятный размер частиц при измельчении в магнитоожиженном слое в режимах 2 и 3 отличается незначительно, однако, процентное содержание таких частиц составило 13,8% и 19,3%, соответственно. При измельчении в неоднородном переменном магнитном поле с более высоким градиентом индукции процентное содержание частиц меньше 1 мкм в полученном продукте увеличилось с 80,4% до 90,5%, да и кривая логарифмически нормального распределения более узкая, следовательно, разброс размеров частиц относительно наиболее вероятного размера меньше. Таким образом, несмотря на значительное увеличение удельного расхода энергии при повышении градиента индукции переменного магнитного поля с 90 мТл/м (режим 2) до 270 мТл/м (режим 3) при измельчении получается более однородный по гранулометрическому составу порошок.

Кроме характеристик гранулометрического состава дисперсной среды одним из важнейших вопросов остается исследование особенностей их структурных характеристик, включая величину микродеформации решетки.



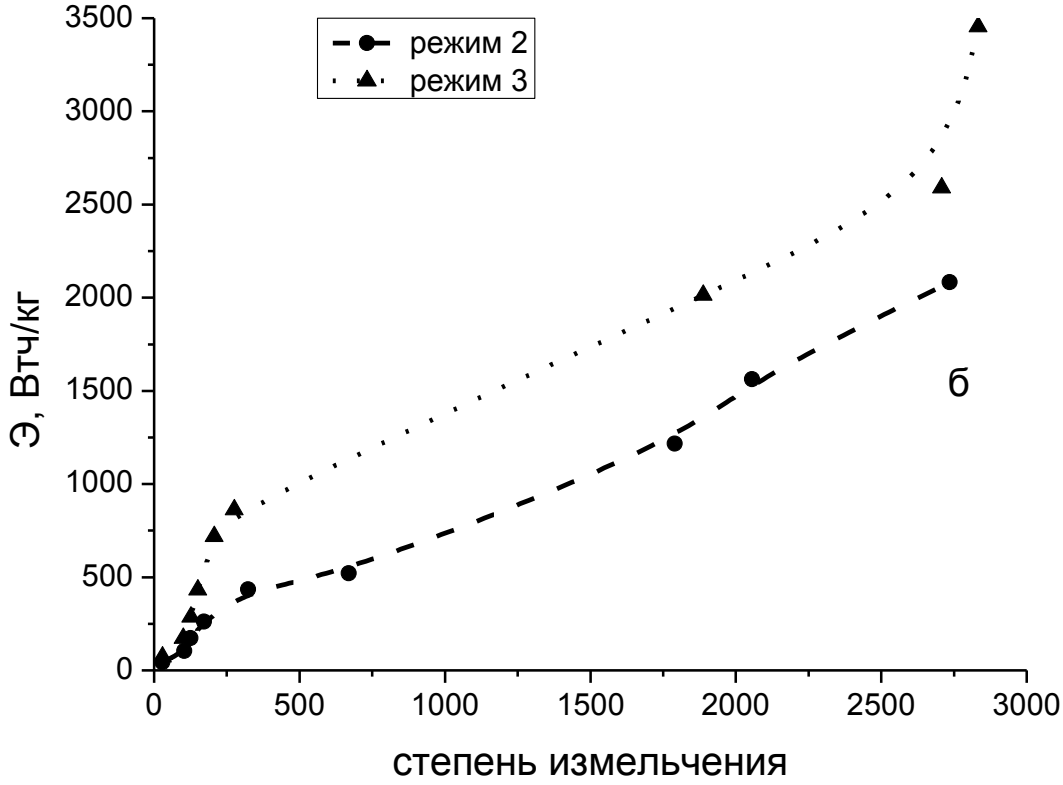




Рис. 2 – Графики зависимости удельного расхода энергии от степени измельчения при обработке без электромагнитного воздействия (а) и в магнитоожиженном слое (б).

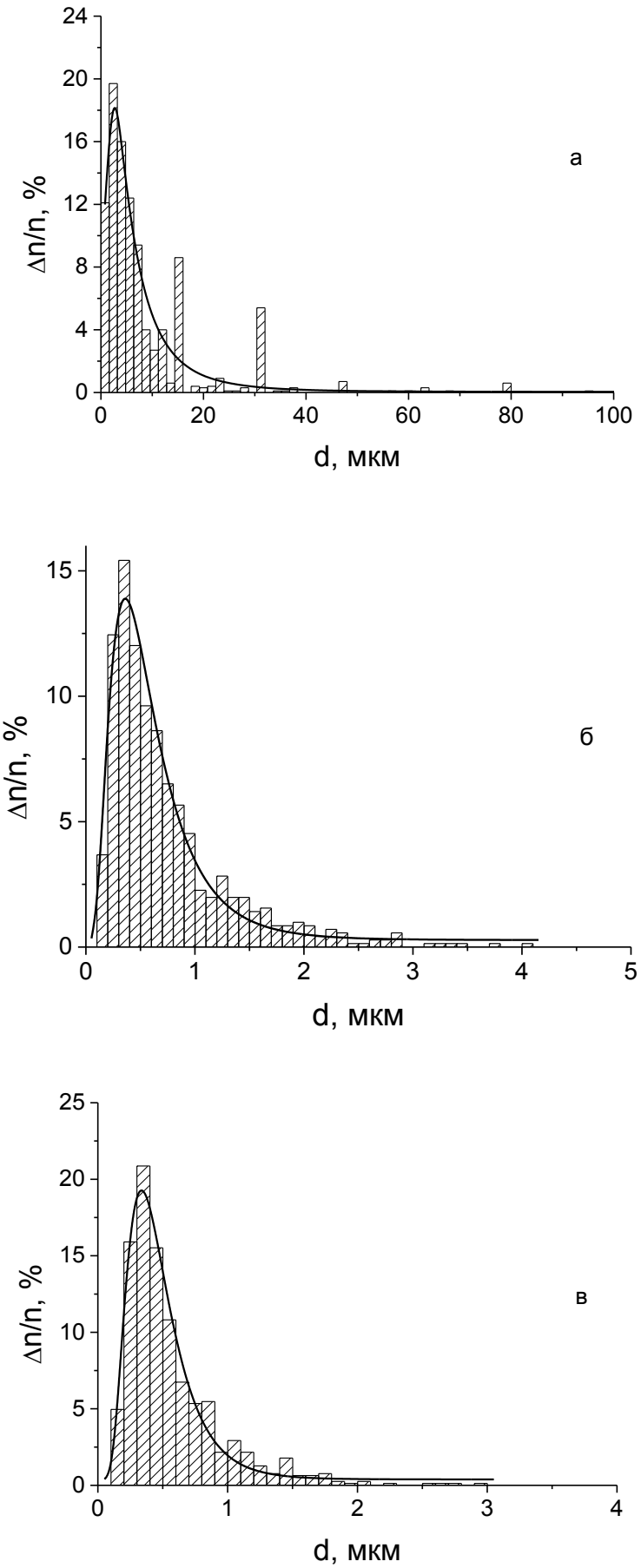



Рис. 3 – Гистограммы распределения частиц по размерам порошка гексаферрита стронция после измельчения в режимах 1 (а), 2 (б), 3 (в) в течение 90 мин и аппроксимирующие их кривые логарифмически нормального распределения

Известно, что при сравнительной оценки дифрактограмм порошковых образцов уширение дифракционных линий может быть обусловлено размером микроблоков, способных к когерентному рассеянию и искажением решетки [1, 7, 8]. Поэтому для исследования динамики структурных изменений в зависимости от условий измельчения порошковые образцы исследовались методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3М с использованием излучения Cu *K*α анода. Дифракционные спектры исходного и измельченных образцов записывали с шагом 0,02°, время экспозиции 8 с. Для анализа структурных характеристик дифракционных профилей порошковых образцов использовалась компьютерная программа PowderCell, версия 2.3 [9], основанная на методе полнопрофильного уточнения структуры Ритвелда [10].

По уширению наиболее интенсивных рефлексов 107 и 114 (рис. 4) по эффективным размерам областей когерентного рассеяния (ОКР) проведена оценка плотности дислокаций и микроискажений кристаллической решетки (остаточные напряжения 2-го рода) $\Delta d/d_{hkl}$, где $\Delta d$ –среднее по величине изменение межплоскостного расстояния $d_{hkl}$ [11].

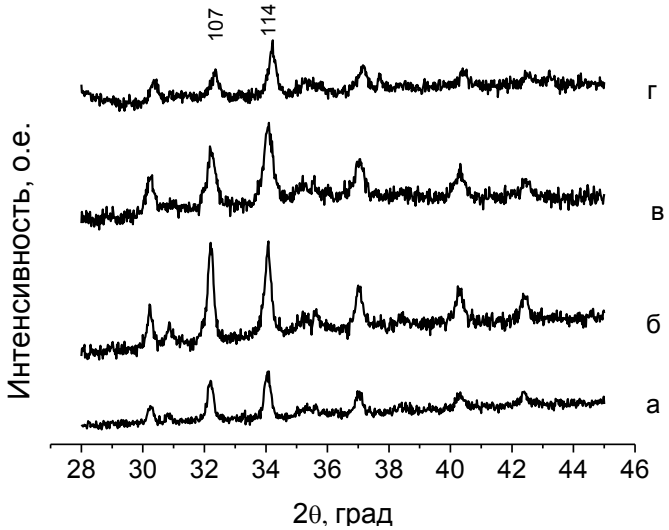



Рис. 4 – Фрагменты дифрактограмм порошковых образцов: исходного материала (а); после измельчения в режимах 1 (б), 2 (в), 3(г)

Из сравнения дифрактограмм порошкового образца № 1 из исходного материала (рис. 4а) с дифрактограммами образцов № 2, 3 и 4 полученных после измельчения в течение 120 мин (рис. 4 б, в, г) в режимах 1, 2, 3, наблюдается уширение отражений в последнем случае, что свидетельствует об уменьшении ОКР и возникновении дополнительных микродеформаций. Как и следовало ожидать при обработке в мельнице величина микронапряжений должна увеличиться. Так для образца № 1 значение плотности дислокаций $2{,}08*10^{11}$ см$^{-2}$ и величина микродеформаций $3{,}35*10^{-3}$ меньше, чем для образца № 2 на $0{,}37*10^{11}$ см$^{-2}$ и $0{,}25*10^{-3}$, соответственно. Для образцов № 3 и 4 значения исследуемых структурных параметров отличаются незначительно и по сравнению с образцом № 1 значение плотности дислокаций увеличилось на $1{,}04*10^{11}$ см$^{-2}$ и $1{,}25*10^{11}$ см$^{-2}$, а величина микронапряжений возросла на $0{,}80*10^{-3}$ и $0{,}96*10^{-3}$, соответственно. Полученный результат можно объяснить процессами самоизмельчения порошка при обработке в магнитоожиженном слое.

Исследования показали, что при обработке дисперсной среды в магнитоожиженном слое по сравнению с измельчением в бильной мельнице без электромагнитного воздействия в течении одинакового промежутка времени, происходит более интенсивное измельчение, сопровождающееся уменьшением ОКР и возникновением дополнительных микродеформаций. С возрастанием градиента индукции переменного неоднородного магнитного поле при фиксированном значении индукции постоянного магнитного поля гранулометрический состав конечного продукта более однородный, но происходит возрастание величины микронапряжений и удельного расхода энергии.

**Список литературы / References**

1. Ягодкин Ю.Д. Комплексные исследования структуры магнитотвердых наноматериалов на основе оксидов / Ю.Д. Ягодкин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2012. - Т. 78, № 1. - С. 31 – 42.

2. Горелик С.С. Оценка активности ферритовых порошков с помощью энергии микроискажений / С.С. Горелик, Б.Е. Левин, И.И. Канева – Сб.: «Структура и свойства ферритов». – Минск: Наука и техника. 1974. – С. 128 – 132.

3. Егоров И.Н. Влияние электромагнитного воздействия на интенсивность измельчения ферромагнитных материалов в ударной мельнице /И.Н. Егоров, С.И. Егорова // Технология металлов. - 2012. - № 3. - С. 42 -47.

4. Егоров И.Н. Влияние электромагнитного воздействия на дисперсный состав при помоле ферромагнитных материалов в бильной мельнице / И.Н. Егоров, С.И. Егорова // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2013. - № 1.-С. 18-21.

5. Егоров И.Н. Энергозатраты при измельчении в бильной мельнице в магнитоожиженном слое / И.Н. Егоров, Н.Я. Егоров // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016, № 8 (50), Часть 3. - С. 44-47.

6. Егоров Н.Я. Роль самоизмельчения порошка в магнитоожиженном слое при диспергировании в бильной мельнице / Н.Я. Егоров, И.Н. Егоров, В.П. Крыжановский и др. // Международный научный институт “EDUCATIO”, 2015, № 2(9). - С. 41-44.

7. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов/ Е.Г. Аввкумов – 2-е изд., перераб. и доп.- Новосибирск: Наука, 1986. - 263 с.

8. Егоров И.Н. Влияние электромагнитного воздействия при измельчении на структурное состояние порошков ферромагнитных материалов / И.Н. Егоров // Технология металлов. - 2015, № 3. - С. 34-40.

9. Lileev, A.S. Structure and magnetic properties of nanocrystalline alloys based on $Nd_2Fe_{14}B$ obtained by various techniques / A.S Lileev, Yu. D Yagodkin, Yu. V. Lyubina et al. // J. Magn. and Magn. Mater. 2003. vol. 258-259. pp. 586-589.

10. Young R.A. The Rietveld Method / R.A. Young.- Oxford University Press, 1993. - 523 p.

11. Кривоглаз М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах / М.А. Кривоглаз.- Киев: Наукова думка. 1983.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Yagodkin Yu.D. Kompleksnye issledovaniya struktury magnitotverdykh nanomaterialov na osnove oksidov [Complex studies of magnetohard oxide based nanomaterials structure] / Yu.D. Yagodkin // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov [Factory laboratory. Materials diagnostic]. - 2012. - V. 78, № 1. - P. 31 – 42. [in Russian]

2. Gorelik S.S. Otsenka aktivnosti ferritovykh poroshkov s pomoshchyu energii mikroiskazheniy [Evaluation of ferrite powder activity with the help of microdistortion energy] / S.S. Gorelik, B.E. Levin, I.I. Kaneva – Sb.: «Struktura i svoystva ferritov» [Structure and properties of ferrites]. – Minsk: Nauka i tekhnika. 1974. – P. 128 – 132. [in Russian]

3. Egorov I.N. Vliyanie elektromagnitnogo vozdeystviya na intensivnost izmelcheniya ferromagnitnykh materialov v udarnoy melnitse [Influence of electromagnet effect on intencity of milling ferromagnet materials in beater mill] /I.N. Egorov, S.I. Egorova // Tekhnologiya metallov [Technology of metals]. - 2012. - № 3. - P. 42 -47. [in Russian]

4. Egorov I.N. Vliyanie elektromagnitnogo vozdeystviya na dispersnyy sostav pri pomole ferromagnitnykh materialov v bilnoy melnitse [Influence of electromagnet effect on particle size distribution during milling of ferromagnet materials in beater mill] / I.N. Egorov, S.I. Egorova // Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funktsionalnye pokrytiya [News of universities. Powder metallurgy and functional coatings]. - 2013. - № 1.- P. 18-21. [in Russian]

5. Egorov I.N. Energozatraty pri izmelchenii v bilnoy melnitse v magnitoozhizhennom sloe [Energy consumption during milling in beater mill in magneto fluidized bed]/ I.N. Egorov, N.Ya. Egorov // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatelskiy zhurnal [International research journal]. - 2016, № 8 (50), Part 3.- P. 44-47. [in Russian]

6. Egorov N. Ya. Rol samoizmelcheniya poroshka v magnitoozhizhennom sloe pri dispergirovanii v bilnoy melnitse [Role of powder selfmilling in magneto fluidized bed in beater mill] / N. Ya. Egorov, I. N. Egorov, V.P. Kryzhanovskiy and others // Mezhdunarodnyy nauchnyy institut “EDUCATIO” [International science institute “EDUCATIO”], 2015, № 2(9). - P. 41-44. [in Russian]

7. Avvakumov E.G. Mekhanicheskie metody aktivatsii khimicheskikh protsessov [Mechanical methods of chemical processes activation] / E.G. Avvkumov – 2-nd ed.- Novosibirsk: Nauka [Science], 1986.- 263 p. [in Russian]

8. Egorov I.N. Vliyanie elektromagnitnogo vozdeystviya pri izmelchenii na strukturnoe sostoyanie poroshkov ferromagnitnykh materialov [Influence of electromagnet effect on structure state of ferromagnet materials powders during milling in beater mill] / I.N. Egorov // Tekhnologiya metallov [Technology of metals]. - 2015, № 3. - P. 34-40. [in Russian]

9. Lileev A.S. Structure and magnetic properties of nanocrystalline alloys based on $Nd_2Fe_{14}B$ obtained by various techniques / A.S. Lileev, Yu. D. Yagodkin, Yu. V. Lyubina et al. // J. Magn. and Magn. Mater. 2003. vol. 258-259. pp. 586-589.

10. Young R.A. The Rietveld Method / Young R.A.- Oxford University Press, 1993.- 523 p.

11. Krivoglaz M.A. Difraktsiya rentgenovskikh luchey i neytronov v neidealnykh kristallakh [X-ray and neutron diffraction in imperfect crystals] / M.A. Krivoglaz.- Kiev: Naukova dumka [Scientific thought]. 1983. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.117**

**Жук П.М.**
ORCID: 0000-0001-6257-4710, кандидат технических наук,
Московский архитектурный институт (государственная академия)

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

***Аннотация***

*Выделение формальдегида из материалов различного назначения является темой научных исследований специалистов во многих странах. Эти исследования становятся основой для совершенствования нормативной правовой базы в сфере обеспечения безопасности человека и окружающей среды. В настоящей статье проводится анализ некоторых современных способов снижения эмиссии формальдегида из древесных плит и возможности их реализации в промышленном масштабе, в том числе в связи с требованиями Технического регламента ТР ТС 025/ 2012 «О безопасности мебельной промышленности».*

**Ключевые слова:** эмиссия формальдегида, древесные плиты.

**Zhuk P.M.**
ORCID: 0000-0001-6257-4710, PhD in Engineering,
Moscow Architectural Institute (State Academy)

## ANALYSIS OF METHODS OF REDUCING FORMALDEHYDE EMISSION FROM WOOD BOARDS

***Abstract***

*The emission of formaldehyde from various materials is the subject of scientific research conducted by various specialists in many countries. These studies are the basis for improving the regulatory framework in the field of human security and the environment. This article analyzes some modern methods of reducing formaldehyde emission from wood boards and the possibility of their implementation on an industrial scale, including in connection with the requirements of Technical Regulation TR CU 025/2012 “On the Safety of the Furniture Industry.”*

**Keywords:** formaldehyde emission, wood boards.

Для полного рассмотрения возможностей снижения эмиссии формальдегида из древесных плит необходимо проанализировать различные технологические способы, используемые по всему жизненному циклу продукции. Выделение формальдегида из древесных материалов зависит от целого ряда факторов, среди которых порода древесины, способ ее подготовки, наличие повторного использования материалов, связующее, добавки, содержание влаги, структура плиты, условия прессования, заключительная технологическая обработка, специфика процесса старения материала. Важнейшими способами снижения эмиссии формальдегида из древесных плит с использованием карбамидных смол в качестве связующего являются следующие [1, С. 62]:

- использование в качестве связующего смол с малым содержанием формальдегида или бесформальдегидных композиций;
- использование модифицированных мочевиноформальдегидных смол;
- оптимизация параметров производства (порода древесины, структура плит, влажность, условия прессования);
- внедрение уловителей формальдегида;
- нанесение пленок и других покрытий, защищающих от диффузии;
- дополнительная обработка древесных плит связывающими формальдегид системами;
- специальные условия складирования древесных плит

В качестве связующего для древесных плит используются различные компоненты (рис. 1).

Рис. 1 – Основные виды связующих древесных плит

Основным типом связующих в производстве древесных плит являются карбамидные (мочевиноформальдегидные) смолы (объем применения до 90% из всех синтетических полимерных связующих). Их преимуществами являются относительная невысокая стоимость, быстрое отверждение, адекватные свойства для выполнения различных функций (хрупкость, способность к гидролизу, значительная прочность клеевого соединения), возможность достижения невысокого уровня эмиссии формальдегида (не более 8 мг HCHO/ 100 г сухой плиты). Наряду с преимуществами мочевиноформальдегидные смолы имеют и недостатки. Основным недостатком является недостаточная водостойкость при малом и среднем мольном соотношении карбамида к формальдегиду. Мольное соотношение является принципиально важным показателем карбамидной смолы не только в отношении водостойкости, но и для процесса отверждения, а также для выделения свободного формальдегида. При низком мольном соотношении (карбамид : формальдегид = 1 : 0,9 до 1,1) отверждение смолы происходит медленнее и водостойкость изделий ниже (рис. 2).

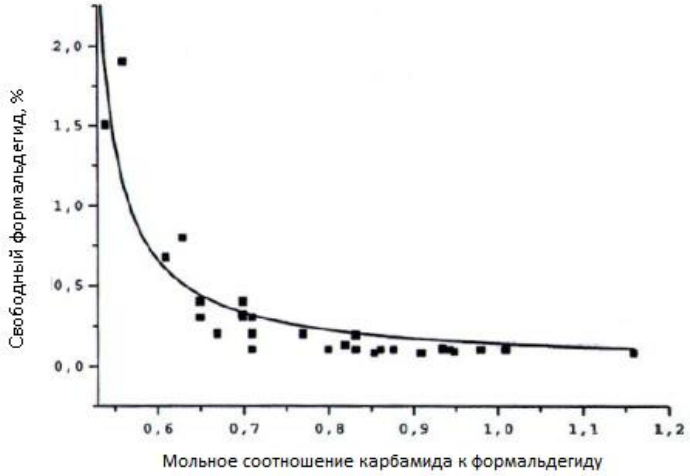



Рис. 2 – Зависимость дополнительной эмиссии формальдегида от мольного соотношения карбамида к формальдегиду (по Цеппенфельду и Грюнвальду [2])

Преимущество низкого мольного соотношения заключается в том, что дополнительная эмиссия свободного формальдегида существенно ниже, чем при высоких мольных соотношениях (карбамид : формальдегид = 1 : 1,1 до

1,3). Клеи с более высокими мольными соотношениями имеют большее содержание свободного формальдегида и более высокую реакционную способность. Мочевиноформальдегидные смолы с мольным соотношением карбамида к формальдегиду свыше, чем 1:1,3 не соответствуют современным требованиям по эмиссии формальдегида, хотя демонстрируют великолепные параметры отверждения. С целью решения проблемы водостойкости, а также для предотвращения повышенного выделения формальдегида в состав связующего добавляют меламиновую смолу. Эти смешанные конденсаты, как правило, содержат 45% меламиновой смолы и 55% мочевиноформальдегидной смолы [3] и по химической структуре напоминают карбамидные смолы. Мочевиноформальдегидные смолы с модификацией меламином существенно дороже смол без модификации. В Российской Федерации ситуация с меламиновыми смолами усугубляется их огромным дефицитом на рынке. С 2012 года меламин производится в России на предприятии «Невинномысский азот» (Ставропольский край), мощность которого составляет 50 тыс. тонн в год. В то же время к 2020 году прогнозируют потребность в меламине в 100 тыс. тонн в год [4, С. 102]. Наряду с карбамидными смолами в качестве связующего используют фенолоформальдегидные смолы (резолы). Эти фенолоформальдегидные смолы получают путем конденсации фенола и формальдегида в щелочной среде. Если конденсация происходит в кислой среде, то получаются новолаки. В отличие от карбамидных при использовании фенолоформальдегидных смол с довольно высоким мольным соотношением фенола к формальдегиду 1:1,8 до 2,5 эмиссия формальдегида из произведенных на их основе древесных плит существенно меньше [2]. Скорость отверждения фенолоформальдегидных смол существенно ниже, чем карбамидных, но водостойкость фенолоформальдегидных смол выше [3].

Среди бесформальдегидных связующих выделяются композиции на основе дифенилметандиизоцианата (метилендифенилдиизоцианат, МДИ, *MDI*). Изомер 4,4'-МДИ получают фосгенированием соответствующих дифенилметандиаминов. Поскольку фосген является удушающим веществом со смертельной концентрацией 0,01 — 0,03 мг/л (15 минут), то соблюдение мер безопасности при работе с ним требует огромных затрат. Сам МДИ является самым безопасным из изоцианатов, но обладает аллергическим и сенсибилизирующим действием. В связи с этим работа с МДИ крайне непопулярна среди рабочего персонала и требует контроля с точки зрения техники безопасности и использования средств индивидуальной защиты. Метилендифенилдиизоцианат выпускается в ограниченном количестве, и его использование в качестве связующего значительно увеличивает себестоимость продукции. Преимуществами использования МДИ являются высокие показатели прочности и водостойкости изделий, а также эмиссия формальдегида из изготовленных на основе МДИ древесных плит на уровне эмиссий из самой древесины. К недостаткам помимо высокой стоимости относятся затруднения в работе с этим веществом как с точки зрения техники безопасности, так и в связи с высокой адгезионной способностью МДИ (приклеивается к металлам). Ко всему прочему применение древесных плит на основе связующего МДИ проблематично в связи с тем, что при пожаре из них может выделяться синильная кислота, относящаяся к чрезвычайно опасным веществам [5, С.34].

Среди природных связующих веществ распространены танин, лигнин, глютен, казеин, крахмал, растительный белок и др. [4, С.34], [6, С.25]. Например, танины являются флавоноидами (растительными полифенолами), которые легко реагируют с формальдегидом. Первые древесностружечные плиты на танино-формальдегидном связующем были произведены в промышленном масштабе в Германии в 1995 году. Такие плиты наряду с хорошими физико-механическими свойствами обладают низкой эмиссией формальдегида [7].

Существуют способы создания древесных плит без добавления связующих путем активации вяжущих свойств компонентов древесины (например, лигнина). Активация может проводиться с помощью ферментации (с участием микроорганизмов) или совместного воздействия температуры и давления (пьезотермопластики). Прочностные характеристики изделий при этом сопоставимы с древесными плитами на карбамидном связующем [8].

В отношении внедрения уловителей формальдегида, в частности, их влияния на снижение эмиссии из мочевиноформальдегидных смол серьезные работы проводятся Фраунгоферовским институтом исследования древесины им. Вильгельма Клаудитца (нем. *Fraunhofer Institut für Holzforschung Wilhelm Klauditz Institut – WKI*) совместно с университетом Любляны (Словения). В качестве уловителя формальдегида изучались танины – полифенольные экстракты из древесины и коры. Вытяжка танинов из коры акации или древесины квебрахо может в результате реакции с формальдегидом образовывать полимеры с сетевыми связями в молекуле, которые прекрасно подходят в качестве связующего для материалов на основе древесины. Танины позволяют существенно снизить эмиссию формальдегида из фанеры, древесностружечных и древесноволокнистых плит. Результаты испытаний камерным методом по стандарту EN 717-1 дали результаты, соответствующие требованиям стандарта *EPF* 0,065 ppm (0,08 мг/ м$^3$). В случае же использования карбамидно-формальдегидных смол с малым содержанием формальдегида в случае введения мочевины и танина в качестве уловителя формальдегида вполне можно ставить в качестве цели достижение уровня эмиссии не превышающего уровень необработанной натуральной древесины [1, С. 62-63]. Влияние добавки мочевины и танина, а также обоих этих веществ, вводимых совместно, на эмиссию формальдегида из древесностружечных и древесноволокнистых плит средней плотности (*MDF*) приводит к снижению эмиссии на величину от 2,9 до 11,3 мг/ кг сухой плиты (по методу испытаний согласно стандарту EN 713-3).

В качестве примера нанесения покрытий, защищающих от диффузии формальдегида и дополнительной обработки древесных плит связывающими формальдегид системами можно привести успешный пример хемосорбции с использованием грунтовки, содержащей наночастицы. С целью многократного снижения содержания остаточного формальдегида карбамидоформальдегидных смолах ООО «НПО ЭкРусХим» была разработана технология детоксикации связующего, которая позволяет снизить остаточный формальдегид до 0,01-0,05 % по смоле. Для получения нетоксичных и трудногорючих древесноплитных материалов на карбамидных смолах в их состав вводили хемосорбенты каталитического действия, которые избирательно сорбировали формальдегид и вызывали его полимеризацию в полиметиленоксид по схеме:

$nCH_2O \rightarrow [-CH_2-O-]_n$

Для поглощения формальдегида поверхность плит покрывали грунтовкой детоксицирующей, что привело к снижению уровней выделения формальдегида практически до нуля, а по группе горючести плиты перешли из группы горючести Г4 в группу Г1 [9].

Методы снижения эмиссии формальдегида из древесных плит разнообразны и имеют неоднозначные последствия как с точки зрения эффективности, так и с точки зрения реализуемости на практике в промышленном масштабе [10, 11]. Из аспектов внедрения методов в производство особую роль играют технологические сложности и экономические условия.

Анализируя ситуацию на предприятиях-производителях древесных плит и возможности быстрого перехода их на выпуск продукции с более низкой эмиссией формальдегида, можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время количество российских предприятий, выпускающих древесные плиты, соответствующие классу эмиссии Е0,5, не превышает 14%; при этом требования нормативных правовых актов гораздо более жесткие (в частности, Приложение 3 Технического регламента ТР ТС 025/ 2012 «О безопасности мебельной промышленности» содержит требование к предельной эмиссии формальдегида в 0,01мг/м$^3$).

2. Переход на выпуск плит с более низкой эмиссией формальдегида в большинстве случаев связан с увеличением себестоимости продукции ввиду дополнительных расходов на сырьевые компоненты (связующие, добавки и т.д.), а также со снижением производительности линий из-за более продолжительного прессования или дополнительных технологических переделов.

3. Ситуация с компонентами связующего, необходимого в производстве древесных плит с низкой эмиссией формальдегида (низкомольные карбамидные смолы, меламин), а также количество предприятий, выпускающих смолы самостоятельно, не позволяют рассчитывать на быстрый процесс перехода на более жесткие требования к эмиссии.

4. Спрос на продукцию с низкой эмиссией формальдегида не стабилен, как с точки зрения понимания потребителями необходимости их использования, так и в связи с фактором повышенной стоимости плит (например, стоимость плит класса Е0,5 выше в 2 раза по сравнению с плитами класса Е2).

5. Технологи предприятий при переходе на более жесткие нормативы эмиссии формальдегида должны прилагать усилия для сохранения качества плит в отношении прочностных характеристик.

6. Нормативное регулирование перехода на более строгие требования по выделению формальдегида из древесных плит должно проходить с учетом мнения участников рынка во избежание стрессовых ситуаций для отрасли.

В то же время стоит отметить, что совершенствование параметров безопасности (класса эмиссии) древесных плит путем модификации является неизбежным процессом [12, С. 2], значительную роль в котором должны играть рыночные факторы и разработанные с их учетом нормативные правовые документы. Этот процесс необходимо начинать как можно раньше, чтобы предприятия отрасли плавно переориентировались на модификацию технологического процесса, могли выбрать подходящую для них технологию снижения эмиссии или полноценно внедрить свои разработки в этой области.

**Список литературы / References**

1. Die Adresse für Holzforschung. Über 65 Jahre angewandte Holzforschung in Braunschweig/ Jahresbericht Fraunhofer-Institut für Holzforschung – Wilhelm Klauditz Institut WKI. – Braunschweig: WKI, 2012 – 160 s.

2. Zeppenfeld G., Grunwald D. Klebstoffe in der Holz- und Möbelindustrie/ G. Zeppenfeld, D.Grunwald. – Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, 2005. – 368 s.

3. Deppe H.J., Ernst E. Taschenbuch der Spanplattentechnik/ H.J. Deppe, E. Ernst. – Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, 2000. –110 p.

4. Стрелков В. П., Бардонов В. А. С точностью до одной сотой?/ В.П. Стрелков, В.А. Бардонов// Мебельный бизнес. – 2013. – № 1 (116).– С. 98–104

5. Metzger M.T. Naturnahe Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen auf Proteinbasis zur Herstellung von Holzwerkstoffen/ M.T. Metzger. – München: Technischen Universität München, 2007. – 159 s.

6. Gann M. Emissionsarme Harze für technische Anwendungen. Teil 2: Emissionen so niedrig wie Holz/ M. Gann// IBOMagazin. – 2010. Vol. 2. – P. 23–25

7. Roffael E., Dix B., Schneider T. Zur Verwendung von Tanninen als Bindemittel in der Holzwerkstoffindustrie/ E. Roffael, B. Dix, T. Schneider// Tagungsband “Internationales Simposium Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen”. – Erfurt: WKI, 2001. – S. 15–22

8. Kharazipour A. Optimierung eines Verfahrens zur Herstellung von Bindemitteln auf der Basis von Ligninsulfonat und Laccase/ A. Kharazipour. – Göttingen: Georg-August-Universität, 1983

9. Мальцев В. В. Технологии детоксикации карбамидо-формальдегидных смол (КФС) и древесно-плитных материалов на их основе [Электронный ресурс]/ В.В. Мальцев // Тезисы доклада на 12-ом Международном форуме «Высокие технологии XXI века». – 2011. – URL: http://www.ecrushim.ru/articles/pg171.php (дата обращения: 24.09.2017)

10. Варанкина Г. С. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: дис. … д-ра техн. наук: 05.21.05: защищена 12.03.15: утв. 09.06.15/ Варанкина Галина Степановна – Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова, 2014. – 201 с.

11. Шелоумов А. В. Технология экологически доброкачественных огнезащищенных древесных плит с использованием фосфор- и алюминийсодержащих связующих: дис. … д-ра техн. наук: 05.21.05: защищена 23.05.17/ Шелоумов Андрей Валентинович – Санкт-Петербург: С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова, 2017. – 413 с.

12. Леонович А. А. О необходимости модифицирования древесностружечных плит/ А.А. Леонович// Вестник ВНИИДРЕВ. – 2016. – № 2 (19).– С. 2–4

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Die Adresse für Holzforschung. Über 65 Jahre angewandte Holzforschung in Braunschweig [The Address for Wood Research. More than 65 years applied wood research in Braunschweig]/ Jahresbericht Fraunhofer-Institut für Holzforschung – Wilhelm Klauditz Institut WKI [Annual Report Fraunhofer Institute for Wood Research WKI]. – Braunschweig: WKI, 2012 – 160 p.

2. Zeppenfeld G., Grunwald D. Klebstoffe in der Holz- und Möbelindustrie [Glues in the wooden industry and furniture industry]/ G. Zeppenfeld, D.Grunwald. – Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, 2005. – 368 p. [in German]

3. Deppe H.J., Ernst E. Taschenbuch der Spanplattentechnik [Pocket book of wood chipboard technology]/ H.J. Deppe, E. Ernst. – Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, 2000. –110 p. [in German]

4. Strelkov V.P., Bardonov V.A. S tochnostiu do odnoy sotoy? [With accuracy of one 100-th? ]/ Mebelniy business [Furniture business]. №1 (116). February 2013. – p. 98-104 [in Russian]

5. Metzger M.T. Naturnahe Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen auf Proteinbasis zur Herstellung von Holzwerkstoffen [Natural glues from plant raw materials on protein base to the production of timber products]/ M.T. Metzger. – München: Technischen Universität München, 2007. – 159 p. [in German]

6. Gann M. Emissionsarme Harze für technische Anwendungen. Teil 2: Emissionen so niedrig wie Holz [Resins with small emissions for technical applications. Part 2: Emissions so small like Wood]/ M. Gann// IBOMagazin. – 2010. Vol. 2. – P. 23–25 [in German]

7. Roffael E., Dix B., Schneider T. Zur Verwendung von Tanninen als Bindemittel in der Holzwerkstoffindustrie [For the use of tannins as a binding agent in the timber product industry]/ E. Roffael, B. Dix, T. Schneider// Tagungsband “Internationales Simposium Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen” [Proceedings of International Simposium "Products from plant raw materials"]. – Erfurt: WKI, 2001. – P. 15–22 [in German]

8. Kharazipour A. Optimierung eines Verfahrens zur Herstellung von Bindemitteln auf der Basis von Ligninsulfonat und Laccase [Optimisation of a procedure of the production of binding agents on the base of Ligninsulfonate and Laccase]/ A. Kharazipour. – Göttingen: Georg-August-Universität, 1983 [in German]

9. Maltsev V. V. Tehnologii detoksikatsii karbamidno-formaldegidnih smol (KFS) i drevesno-plitnih materialov na ih osnove [Technologies of detoxication of the karbamid-formaldehyde pitches (KFP) and wood boards on their basis] [Electronic resource]/ V.V. Maltsev// Tezisy doklada na 12-om Mezhdunarodnom forume “Vysokie tehnologii XXI veka” [Abstracts of the 12-th International Forum "High Technologies of XXI century"] – 2011. – URL: http://www.ecrushim.ru/articles/pg171.php (accessed: 24.09.2017) [in Russian]

10. Varankina G. S. Formirovanie nizkotoksichnih kleenyh drevesnyh materialov [Formation of low-toxic glued wood materials]: dis. … of PhD in Engineering: 05.21.05: defense of the thesis: 12.03.15: approved: 09.06.15/ Varankina Galina Stepanovna. – Sankt-Petersburg, 2014. – 201 p. [in Russian]

11. Sheloumov A. V. Tehnologiia ecologicheski dobrokachestennih ognezaschischyennih drevesnih plit s ispolzovaniem fosfor- i aliuminiisoderzhaschih sviazuiuschih [Technology ecologically good-quality fireprotected wood boards with use phosphorus - and aluminum-bearing binding]: dis. … of PhD in Engineering: 05.21.05: defense of the thesis: 23.05.17/ Sheloumov Fndrey Valentinovich – Sankt-Petersburg, 2017. – 413 p. [in Russian]

12. Leonovich A. A. O neobhodimosti modifitsirovaniia drevesnostruzhechnih plit [About need of modifying of wood chipboards]/ Vestnik VNIIDREV [Bulletin of research institute of the woodworking industry]. V. 2(19). 2016. – p. 2-4 [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.038**

**Зайцева И.Н.**
ORCID: 0000-0003-3415-2099, кандидат педагогических наук,
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец

## ДЕКОМПОЗИЦИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В СИСТЕМАХ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

***Аннотация***

*Рассмотрена упрощенная схема декомпозиции распознавания видеоизображений в системах охранного телевидения. Предложен алгоритм распознавания образов в одноуровневой интерактивной системе охранного телевидения на основе информационного критерия – дивергенции Кульбака. Проиллюстрировано основное свойство дивергенции, произведен расчёт зависимости дивергенции от различных значений выборочных параметров. Приведенная формальная строгость информационного критерия вместе с тем допускает простоту аппаратурной реализации.*

**Ключевые слова:** телевидение, распознавание, образ, декомпозиция, видеоизображение, объект, алгоритм, обработка.

**Zaitseva I.N.**
ORCID: 0000-0003-3415-2099, PhD in Pedagogy,
Yelets State Ivan Bunin University, Yelets

## DECOMPOSITION OF IMAGES RECOGNITION IN SECURITY SYSTEMS

***Abstract***

*A simplified scheme for the decomposition of video image recognition in CCTV systems is considered. An algorithm for pattern recognition in a single-level interactive CCTV system based on an information criterion – Kulbak divergence is proposed. The basic property of the divergence is illustrated; the dependence of the divergence on different values of the sampling parameters is calculated. The above formal strictness of the information criterion at the same time allows for the simplicity of the hardware implementation.*

**Keywords**: television, recognition, image, decomposition, video, object, algorithm, processing.

Современный этап развития систем охранного телевидения (ОТВ) характеризуется возрастанием объема регистрируемой видеоинформации и скорости ее обработки в аналоговых и цифровых формах. Это

предъявляет повышенные требования к заданному качеству представления, передачи по системам связи, хранению и восстановлению видеоизображений объектов наблюдения. При этом разработка систем распознавания образов в современных системах ОТВ становится все более актуальной и важной задачей в особенности для решения задач мониторинга – распознавание лиц, номерных знаков автотранспорта, слежение за объектами, обнаружение появления новых и пропадания установленных объектов на охраняемых территориях и др.

Распознавание образов - это классификация объектов по нескольким категориям или классам. Объекты называются образами.

Образ, класс - классификационная группировка в системе классификации, объединяющая (выделяющая) определенную группу объектов по некоторому признаку [1].

Общий алгоритм распознавания образов (рис. 1) включает следующие этапы [2]: захват кадра; предварительная обработка (предобработка); локализация объекта; распознавание объекта.

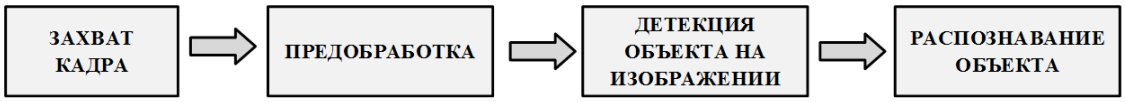



Рис.1 – Общий алгоритм распознавания образов

На первом этапе происходит разделение видеопоследовательности на кадры (сцены) для дальнейшей обработки.

На этапе предобработки происходит коррекция освещенности полученного изображения, устранение смазывания, бинаризация.

При выполнении этапа 3 под локализацией (детекцией, обнаружением) понимают анализ изображения с целью обнаружения объекта и определения его координат. Детекция объекта является частным случаем распознавания, но при этом решается задача двухклассовой классификации, где один класс - «объект», второй - «не объект».

На последнем этапе область, содержащую объект, необходимо распознать, то есть отнести ее к одному из множества классов. Например, идентифицировать детектированное лицо или распознавать символы в детектированном номерном знаке транспортного средства.

Упрощенная интерактивная система распознавания образов ОТВ (рис. 2) включает в себя технические устройства видеонаблюдения, устройства распознавания элементов видеоизображения и оператора, принимающего решение о тревоге при нарушениях в обзорном пространстве охраняемой территории. В общем случае система распознавания может быть многоуровневой, в которой результаты распознавания, полученные на одном уровне, используются как исходные данные на следующем более высоком уровне. Порядок разбиение схемы принятия решения в интерактивных системах ОТВ называется декомпозицией и связан с моментами включения оператора в процесс распознавания.

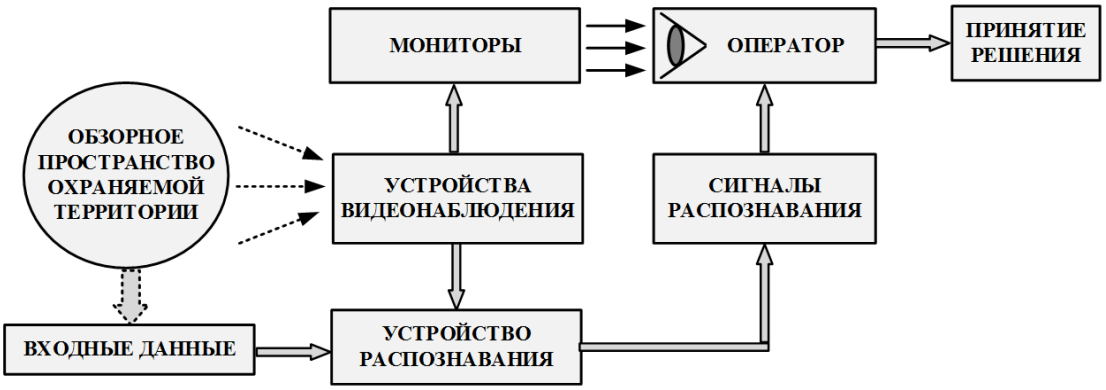



Рис. 2 – Упрощенная структурная схема распознавания в системах ОТВ

В основу построения алгоритма построчного распознавания аномалий в структуре регистрируемых видеосигналов положен принцип сравнения статистических параметров скользящих выборок оцифрованных сигналов текущего и эталонного изображений объектов охраняемой территории. При этом должно быть обеспечено геометрическое согласование координат исходного (эталонного) и регистрируемого изображений.

Для построчного распознавания аномалий в структуре регистрируемых видеосигналов возможно использование статистического подхода на основе информационной меры различения – дивергенцию Кульбака [3-5].

Дивергенция представляет собой меру «расстояния» или несходства между двумя классами. Её используют для ранжировки признаков и оценки эффективности разделения классов [3, С. 311].

Средняя информация для различения образов $i, j$ с плотностями распределения $p_i(\bar{x})$ и $p_j(\bar{x})$ может быть определена с помощью статистической меры расхождения (дивергенцией Кульбака) [6, С. 16]:

$$J_{ij} = \int \left[p_i(\bar{x}) - p_j(\bar{x})\right] \cdot ln\left(\frac{p_i(\bar{x})}{p_j(\bar{x})}\right) d\bar{x}, \quad (1)$$

где $\bar{x}$ – вектор наблюдаемых отсчетов.

Для одномерных нормальных плотностей распределения $N(m_i,\ \sigma_i)$ и $N(m_j,\ \sigma_j)$ построчных выборок изображений дивергенция (1) преобразуется к виду:

$$J_{ij} = \frac{\sigma_i^2}{2\sigma_j^2} + \frac{\sigma_j^2}{2\sigma_i^2} + \frac{(m_i - m_j)^2}{2\sigma_j^2} \cdot \left(1 + \frac{\sigma_i^2}{\sigma_j^2}\right) - 1, \tag{2}$$

$$m_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{i,j=1}^{n} x_{i,j},$$

$$\sigma_{i,j} = \frac{1}{n-1} \sum_{i,j=1}^{n} \left(x_{i,j} - m_{i,j}\right)^2,$$

где $n$ – объем выборки.

Дивергенция (2) обладает следующими весьма полезными для построения системы распознавания свойствами [3, С. 314]:

$$\left.\begin{array}{c} J_{ij} > 0, \text{при } i \neq j; \\ J_{ij} = 0, \text{при } i = j; \\ J_{ij} = J_{ji}; \\ J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sum_{k=1}^{m} J_{ij}(x_k)\,; \\ J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}). \end{array}\right\} \tag{3}$$

Для иллюстрации основного свойства дивергенции на рис. 3 приведены рассчитанные по формуле (2) зависимости дивергенции от значения отношений $\xi = \sigma_i/\sigma_j$ и $\zeta = m_i/m_j$ при $\sigma_j = m_j = 1$.

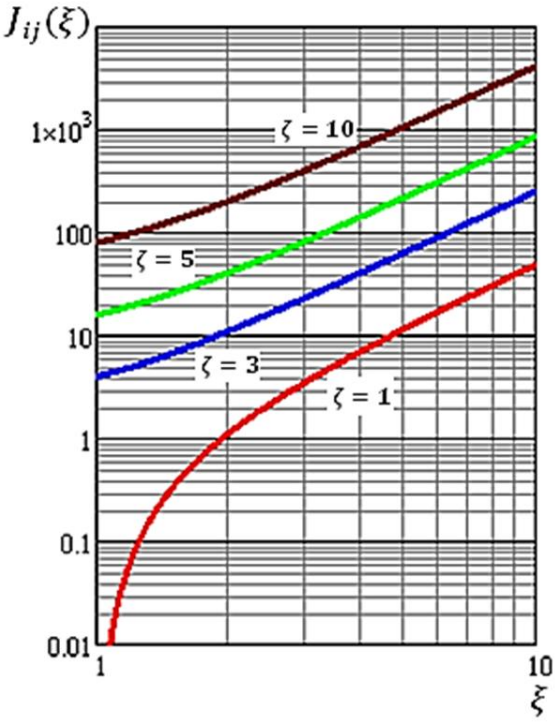



Рис. 3 – Зависимость дивергенции от различных значений выборочных параметров

При распознавании в процессе вычисления дивергенции с помощью скользящих выборок объемом $n$ неизбежно появление случайных выбросов отсчетов, как при построчном считывании эталонного изображения, так и в структуре сигналов текущих строк видеокамеры. При этом редкие, но большие случайные выбросы сигналов делают скользящее выборочное среднее $m_{i,j}$ в (2) непригодным в качестве математического ожидания. Тогда, при нечетном $n = 2m + 1$, средний член вариационного ряда $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(k)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ медиана:

$$x_{(m+1)} = \underset{1 \leq k \leq n}{med}\{x_{(k)}\}$$

В качестве оценки математического ожидания, может быть принято [7, С. 236]:

$$m_{i,j} = \underset{1 \leq i,j \leq n}{med}\{x_{(i,j)}\}. \tag{4}$$

При этом медиана менее чувствительна к выбросам считываемых отсчетов сигналов $x_{i,j}$, чем скользящее выборочное среднее. Кроме того, при различном значении дисперсий $\sigma_{i,j}^2$ скользящих выборок включение в алгоритм медианы предпочтительнее, и выигрыш от ее применения может быть весьма значительным [7, С. 237].

На рис. 4 приведена структурная схема, поясняющая алгоритм распознавания аномалий изображений в системе ОТВ. Система распознавания представляет программно-аппаратный комплекс, который в основном состоит из программного обеспечения, компьютера и видеокамеры.

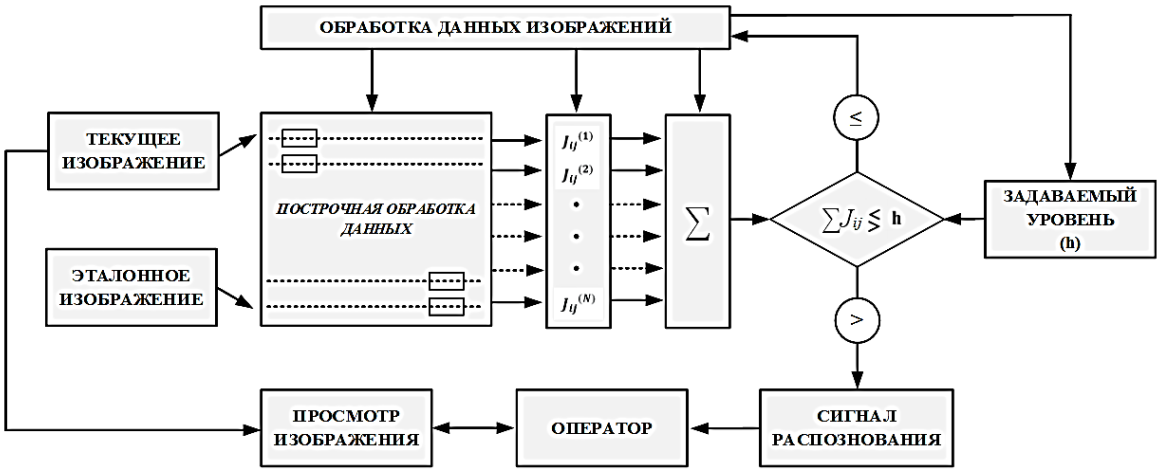



Рис. 4 – Структурная схема алгоритма распознавания аномалий изображений в системах ОТВ

Обработка данных текущих и эталонных видеоизображений производится по строкам. При этом в каждой строке вычисляются скользящие значения дивергенции $J_{ij}$. В конце каждой строки определяется наибольшее значение дивергенции:

$$\sup_{l} J_{ij} = J_{ij\,max}^{l} = J_{ij}^{(l \in N)} \tag{5}$$

Полученные максимальные значения дивергенции по строкам суммируются и сравниваются с установленным порогом. При превышении суммарного аномального значения дивергенции вырабатывается сигнал распознавания для оператора и включения монитора для просмотра поля изображения. Если суммарные аномальные значения дивергенции не превышают установленного порога, то происходит обработка изображения следующего кадра при выключенном мониторе.

Декомпозиция в интерактивном режиме распознавания также предполагает:

– детализацию того или иного участка на видеоизображении, относящегося к конкретному элементу охраняемой территории (ворота, окна, двери, козырьки крыш, переходы, щиты, элементы вентиляционных шахт, крышки люков и др.)

– подключение в процесс распознавания оператора при формировании тревожных сигналов от автомата распознавания.

Таким образом, главными преимуществами приведенного метода распознавания является его относительно простая реализация, возможность использовать пространственные сигналы, представленные в виде цифровых матриц. При этом возможно реализовывать алгоритмы с высокой степенью помехозащищенности. Кроме того, декомпозиция распознавания образов в системах ОТВ освобождает оператора от длительного и утомительного просмотра (в особенности неподвижных) изображений и, вместе с тем, позволяет повысить эффективность видеоконтроля охраняемого объекта.

**Список литературы / References**

1. Журавлёв Ю.И. Распознавание, классификация, прогноз. Математические методы и их применение. Вып. 2. / Ю.И. Журавлёв. – М.: Наука, 1989. – 302 с.

2. Иванов Ю.С. Алгоритмы распознавания подвижных объектов для интеллектуальных систем охранного видеонаблюдения: дис. … канд. тех. наук: 05.13.01: защищена 29.04.2015: утв. 15.10.2015 /Иванов Юрий Сергеевич.– Хабаровск, 2015. – 167 с.

3. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес; пер. с англ. И. Б. Гуревича; под ред. Ю. И. Журавлева. – М.: Мир, 1978. – 411 с.

4. Фомин Я.А. Статистическая теория распознавания образов / Я.А. Фомин, Г.Р. Тарловский. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.

5. Галушкин А.И. Синтез многослойных систем распознавания образов / А.И. Галушкин. – М.: Энергия,1974. – 368 с.

6. Кульбак С. Теория информации и статистика / С. Кульбак; пер. с англ. Д. И. Гордеева, А. В. Прохорова; под ред. А. Н. Колмогорова. – М.: Наука, 1967. – 408 с.

7. Катковник В. Я. Линейные оценки и стохастические задачи оптимизации. Метод параметрических операторов усреднения / В. Я. Катковник. – М.: Наука, 1976 . – 487 с.

8. Тельный А. В. Инженерно-техническая защита информации. Системы охранного телевидения: учебное пособие / А. В. Тельный; под ред. проф. М. Ю. Монахова. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. – 144 с.

9. Никитин Р.В. Метод и алгоритмы стилизации изображения в системах охранного телевидения/ Р.В. Никитин // Изв. СПБГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. Радиоэлектроника. - 2006. — Вып. 5 - С.42-48

10. Глезер В. Д. Зрение и мышление / В. Д. Глезер, Ин-т физиологии им. И.П. Павлова Рос. акад. наук . – 2-е изд., испр. и доп . – СПб. : Наука, 1993. – 283 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Zhuravljov Ju.I. Raspoznavanie, klassifikacija, prognoz. Matematicheskie metody i ih primenenie. Vyp. 2. [Recognition, classification, prediction. Mathematical methods and their application. Vol. 2.] / Ju.I. Zhuravljov. – M.: Nauka, 1989. – 302 p. [in Russian]

2. Ivanov Ju.S. Algoritmy raspoznavanija podvizhnyh ob#ektov dlja intellektual'nyh sistem ohrannogo videonabljudenija [Algorithms of recognition of mobile objects for the intellectual systems of security video surveillance]: dis. … of PhD in Engineering: 05.13.01: defence of the thesis 29.04.2015: approved 15.10.2015 / Ivanov Jurij Sergeevich.– Habarovsk, 2015. – 167 p. [in Russian]

3. Tu Dzh. Principy raspoznavanija obrazov [ Pattern recognition principles] / Dzh. Tu, R. Gonsales; per. s angl. I. B. Gurevicha; pod red. Ju. I. Zhuravleva. – M.: Mir, 1978. – 411 p. [in Russian]

4. Fomin Ja.A. Statisticheskaja teorija raspoznavanija obrazov [Statistical theory of pattern recognition]/ Ja.A. Fomin, G.R. Tarlovskij. – M.: Radio i svjaz', 1986. – 264 p. [in Russian]

5. Galushkin A.I. Sintez mnogoslojnyh sistem raspoznavanija obrazov [Synthesis of multilayer systems pattern recognition]/A.I. Galushkin. – M.: Jenergija,1974. – 368 p. [in Russian]

6. Kul'bak S. Teorija informacii i statistika [Information theory and statistics] / S. Kul'bak; per. s angl. D. I. Gordeeva, A. V. Prohorova; pod red. A. N. Kolmogorova. – M.: Nauka, 1967. – 408 p. [in Russian]

7. Katkovnik V. Ja. Linejnye ocenki i stohasticheskie zadachi optimizacii. Metod parametricheskih operatorov usrednenija [Linear estimation and stochastic optimization problems. The method of parametric averaging operators]/ V. Ja. Katkovnik. – M.: Nauka, 1976. – 487 p. [in Russian]

8. Tel'nyj A. V. Inzhenerno-tehnicheskaja zashhita informacii. Sistemy ohrannogo televidenija: uchebnoe posobie [Engineering and technical protection of information. System closed circuit television: a training manual]/ A. V. Tel'nyj; pod red.prof. M. Ju. Monahova. – Vladimir: Izd-vo VlGU, 2013. – 144 p. [in Russian]

9. Nikitin R.V. Metod i algoritmy stilizacii izobrazhenija v sistemah ohrannogo televidenija [Method and algorithms of stylization of the image in the systems of security television] / R.V. Nikitin // Izv. SPBGJeTU «LJeTI». Ser. Radiojelektronika. - 2006. — Vyp. 5 - P. 42-48 [in Russian]

10. Glezer V. D. Zrenie i myshlenie [ Sight and thinking ]/ V. D. Glezer, In-t fiziologii im. I.P. Pavlova Ros. akad. nauk . – 2-e izd., ispr. i dop . – SPb. : Nauka, 1993. – 283 p. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.092**

**Легошин М.Ю.[1], Чистяков И.М.[2], Никишов С.Н.[3], Шипилов Р.М.[4], Соколов Е.Е.[5]**

[1] ORCID: 0000-0002-3489-6875, начальник кафедры,
[2] ORCID: 0000-0003-1364-019X, старший преподаватель,
[3] ORCID: 0000-0002-1845-5009, старший преподаватель,
[4] ORCID: 0000-0002-0228-2473, кандидат педагогических наук, доцент,
[5] ORCID: 0000-0003-1747-4918, кандидат педагогических наук, доцент,
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ

***Аннотация***

*В статье рассматриваются особенности применения многофункциональных учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных и спасателей различного типа. Проведенный анализ их использования, позволил выявить положительные аспекты данных комплексов, а также имеющиеся недостатки, что послужило основанием рекомендовать в качестве альтернативного варианта «Многофункциональный тренажерный комплекс подготовки газодымозащитников» построенный на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.*

**Ключевые слова:** учебно-тренировочный комплекс, многофункциональный тренажёрный комплекс, газодымозащитник, пожарный, спасатель.

**Legoshin M.Yu.[1], Chistyakov I.M.[2], Nikishov S.N.[3], Shipilov R.M.[4], Sokolov E.E.[5]**

[1] ORCID: 0000-0002-3489-6875, Head of the department,
[2] ORCID: 0000-0003-1364-019X, Senior Lecturer,
[3] ORCID: 0000-0002-1845-5009, Senior Lecturer,
[4] ORCID: 0000-0002-0228-2473, PhD in Pedagogy, Associate professor,
[5] ORCID: 0000-0003-1747-4918, PhD in Pedagogy, Associate professor,
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia, Ivanovo

## PRACTICAL USE OF EDUCATIONAL-TRAINING COMPLEXES FOR THE PREPARATION OF FIREMAN AND RESCUERS

***Abstrtact***

*In the article features of application of multipurpose educational and training complexes for preparation of firemen and rescuers of various types are considered. The analysis of their use made it possible to identify the positive aspects of these complexes, as well as the shortcomings that existed, which served as the basis for recommending, as an alternative, the*

*"Multifunctional simulator complex for gas defenders training" built on the basis of the FSBEI of HE Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia.*

**Keywords**: training complex, multipurpose trainer complex, gas defroster, fireman, rescuer.

**Актуальность**

Оптимизация методов подготовки газодымозащитников, внедрение новых тренировочных комплексов и их активное использование, является одним из важных направлений качественного повышения образовательного процесса. Использование нового, современного оборудования, решающего профессиональные задачи, способствует формированию высококвалифицированных, профессиональных кадров [11].

Зачастую профессиональная деятельность газодымозащитников связана с работой в условиях, которые носят экстремальный характер. Это работа в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (масках); условиях повышенной влажности или высоких температур; условиях недостаточной (ограниченной) видимости; состоянии быстрого переключения с одного вида деятельности на другой и т.д. Такая специфическая профессиональная деятельность требует проявления высокого уровня психофизической подготовленности [3], [7], [9].

Одним из основных методов повышения эффективности работы подразделений Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (ФПС ГПС) при проведении аварийно-спасательных работ в зонах чрезвычайных ситуаций являются тренировки газодымозащитников [9]. Характер деятельности пожарных газодымозащитников обуславливает необходимость их перманентных занятий в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) независимо от стажа работы.

Стоит отметить, что, несмотря на все улучшающуюся техническую оснащенность пожарных, количество погибших среди них не уменьшается [1]. Очевидно, это связанно с тем, что одновременно увеличивается сложность, скоротечность и не предсказуемость пожаров из-за изменения состава материалов, применяемых в строительстве, отделке и обстановке помещений. Решение данной проблемы стало возможным благодаря применению в процессе подготовки различных полигонов (учебно-тренировочных комплексов далее УТК) [12].

Использование полигонов (УТК) позволяет пожарным и спасателям совершенствовать профессиональные компетенции, а также научиться правильно применять полученные знания в практических условиях [8]. В них включены элементы опасности, тревоги, риска, длительных максимальных психофизических и эмоциональных нагрузок [10]. Это позволяет добиваться от газодымозащитников полной отдачи сил, умственного напряжения и волевых усилий.

Вопросами подготовки пожарных и спасателей с использованием учебно-тренировочных комплексов и полигонов занимались ведущие научные работники высшей школы МЧС России: Теребнев В.В., Грачев В.А., Поповский Д.В., Соколов Е.Е., а также такие организации как ФГБУ ВНИИПО МЧС России, ОАО «ПТС», АО «Дыхательные системы – 2000», АО «Кампо» и др. Однако в разработанных инструкциях и имеющихся учебных пособиях практически отсутствуют необходимые научно-методические обоснования системы профессионально-прикладной психофизической подготовки газодымозащитников в современных комплексах и полигонах [6].

В рамках выполнения научно-исследовательской работы сотрудниками ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России ведутся исследования в данном направлении.

**Цель исследования:** выявление особенностей применения имеющихся учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных и спасателей по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в экстремальных условиях и ситуациях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– провести анализ имеющихся учебно-тренировочных комплексов для пожарных и спасателей в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах и образовательных организациях высшего образования МЧС России;

– провести анализ недостатков и предложений по совершенствованию УТК, для конкретных условий их применения.

Решение поставленных задач осуществлялось посредством взаимодействия с Главными управлениями (далее ГУ) МЧС России. Были получены данные о количестве УТК по субъектам РФ и сроках их эксплуатации. Согласно сведений, представленных из 75 ГУ МЧС России по субъектам РФ на сегодняшний день в пожарно-спасательных подразделениях имеется и активно используется 130 УТК и 73 иных тренировочных объектов для пожарных и спасателей (см. рис. 1).

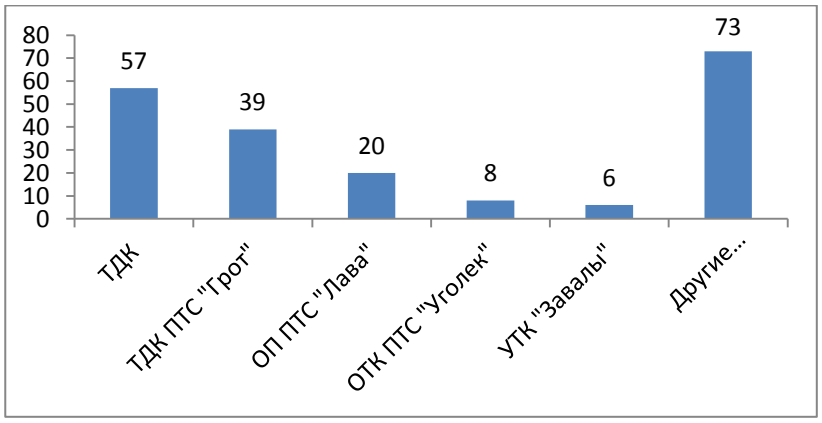



Рис. 1 – Общее количество учебно-тренировочных комплексов

На рисунке 1 все УТК распределены по типам: теплодымокамера (далее ТДК), ТДК ПТС «Грот», огневой полигон (далее ОП) ПТС «Лава», огневой тренажёрный комплекс (далее ОТК) ПТС «Уголёк» и т.д. Все представленные комплексы можно разделить на две группы: стационарные и мобильные. Анализ представленных материалов показал, что из имеющихся УТК по субъектам РФ стационарных больше (81%), по сравнению с мобильными (19%) (см. рис. 2).

Рис. 2 – Процентное соотношение стационарных и мобильных учебно-тренировочных комплексов

Распределение учебно-тренировочных комплексов по срокам эксплуатации представлено на рисунке 3.

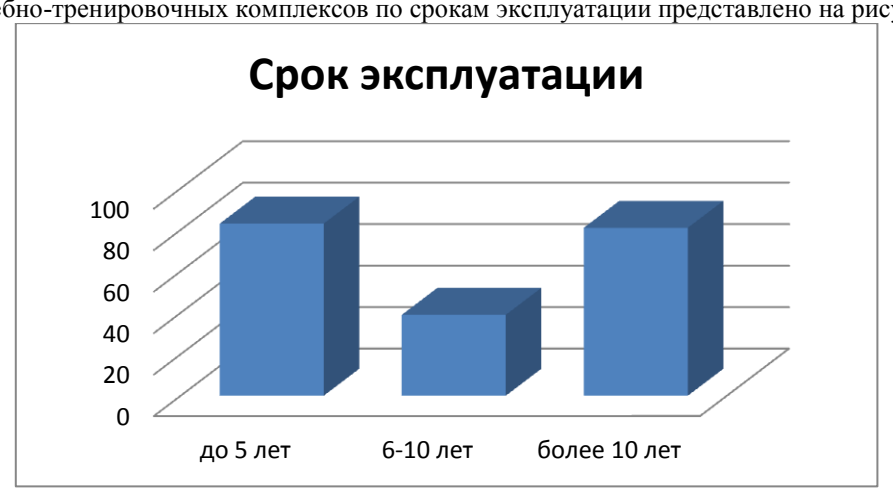



Рис. 3 – Процентное соотношение стационарных и мобильных учебно-тренировочных комплексов

Проведенный анализ представленных сведений об УТК от ГУ МЧС России по субъектам РФ позволил прийти к выводу, что наиболее распространенными являются приспособленные помещения с зоной непригодной для дыхания средой (теплодымокамерой). Данные тренировочные объекты, как правило, имеют срок эксплуатации более 10 лет и зачастую не отвечают современным требованиям для проведения тренировочных занятий с газодымозащитниками, что существенно может сказываться на их профессиональной подготовке.

Наибольший интерес представляют такие УТК как ТДК ПТС «Грот» и ОП ПТС «Лава», которые являются мобильными, имеют небольшие размеры и отвечают современным требованиям [4, 5]. Такие УТК применяются практически во всех субъектах РФ. Однако данные УТК имеют ряд недостатков, основными из которых являются малая пропускная способность, не высокие показатели надёжности оборудования, сбои работы оборудования в условиях низких температур, необходимость вложения финансовых средств, для поддержания постоянной работоспособности. Так же необходимо отметить, что данные УТК достаточно дорогостоящие.

Альтернативным вариантом данных УТК могут послужить стационарные ТДК, которые позволят исключить представленные выше недостатки и существенно увеличить функциональные возможности [2]. Примером такой ТДК является «Многофункциональный тренажерный комплекс подготовки газодымозащитников (далее МФТК ПГ)» построенный на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (см. рис. 4).

Рис. 4 – Многофункциональный тренажерный комплекс подготовки газодымозащитников

Рис. 5 – Тренировка звена ГДЗС в дымокамере

Рис. 6 – Эвакуация материальных ценностей (а) и подъём по штурмовой лестнице (б)

Тренажерный комплекс позволяет отрабатывать следующие действия: отработка способов и приёмов работы с применением средств защиты организма человека; поиск и спасение пострадавших, а также самоспасание; выполнение заданий по ликвидации аварий; поиск скрытых «очагов пожара»; передвижение в помещениях со сложной планировкой как в задымлённой среде, так и в темноте; подъём по вертикальной лестнице в условиях ограниченной видимости; ползание, ходьба или бег с повышенной нагрузкой (в средствах защиты, с экипировкой); тренировка скоординированных движений рук и плечевого пояса в средствах защиты, с экипировкой (см. рис. 5-6).

В зависимости от поставленной цели, в МФТК ПГ, возможно создавать различные экстремальные и околоэкстремальные условия, имитирующие различную планировку помещений с множеством сложных препятствий, звуковые и световые эффекты, дым регулируемой плотности, зоны локального и объёмного нагрева (см. рис. 7).

Рис. 7 – Участок планировки дымокамеры (лабиринт) (а), участок планировки дымокамеры (туннель) (б) и участок планировки дымокамеры (вертикальные препятствия) (в)

Протяжённость и сложность прохождения маршрута движения может изменяться руководителем тренировки. Развитие физических качеств, наиболее часто применяемых при выполнении различных движений, таких как сила и выносливость, достигается тренировками на специальных тренажёрах: «бесконечная лестница», «беговая дорожка», «эргометр рук и плеч», «велоэргометр» (см. рис. 8).

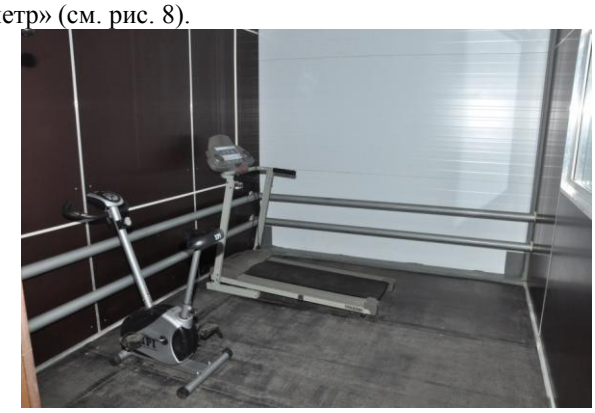


Рис. 8 – Теплокамера

МФТК ПГ состоит из устройств и систем, управление и контроль которых осуществляется с центрального пульта управления. МФТК ПГ включает в себя: задымляемое помещение, включающее в себя вертикальные лестницы с выходом на кровлю и лабиринт (тренажер ориентации) (см. рис. 5 б; 7 б); тепловой модуль (теплокамера) оборудованный велотренажерами, тредбанами, утяжелителями различной массы и эргометрами для создания физических нагрузок (см. рис. 8); учебную пожарную башню на 2 беговые дорожки для проведения тренировочных занятий с ручными пожарными лестницами (см. рис. 9 а); предкамеру, совмещенную с постом безопасности и постом медицинского контроля; тамбур-шлюз (с избыточным подпором воздуха); комнату руководителя тренировочных занятий (пультовая) (см. рис. 9 б); тренажерную зону, включающую в себя два тренажёра отработки навыков эвакуации (спасения) пострадавших и самоспасания (ТОНЭП-4) и тренажер «Запутывание» (см. рис. 10).

Рис. 9 – Учебная башня со смотровой площадкой (а) и комната руководителя занятия (пультовая) (б)

Рис. 10 – Тренажеры отработки навыков эвакуации пострадавших (а) и тренажер «Запутывание» (б)

В зависимости от потребностей пожарно-спасательных гарнизонов тренажеры могут выполнять различные функции: тренировочную площадку (крыша одноэтажного комплекса); смотровую площадку (крыша учебной башни). Смотровая площадка может использоваться для проведения видеосъёмок при проведении пожарно-тактических учений и различных конкурсов профессионального мастерства (см. рис. 11).

Рис. 11 – Тренировочная площадка на крыше УТК

В МФТК ПГ постоянно проводятся практические занятия ведущими кафедрами профессионального цикла учебно-научного комплекса «Пожаротушение» и отделом практического обучения ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Занятия организуются с курсантами и студентами, обучающимся по специальностям 20.05.01 «Пожарная безопасность» и 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Пожарная безопасность» в рамках изучения специальных дисциплин: «Организация газодымозащитной службы», «Пожарно-строевая подготовка», «Пожарная тактика» и «Пожарная техника».

Анализ анкетных данных оценки профессиональной деятельности выпускника по направлению «Организация тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» представленных комплектующими органами субъектов РФ показ, что выпускники ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, с которыми были организованны регулярные тренировки в МФТК ПГ, получили более высокую оценку профессиональных навыков по сравнению с выпускниками не проходивших подготовку в данном комплексе. Такие данные позволяют прийти к выводу, что данный комплекс направлен на совершенствование профессиональных навыков обучающихся. Кроме того, на базе МФТК ПГ постоянно проводятся практические занятия с газодымозащитниками пожарно-спасательных подразделений Ивановского территориального пожарно-спасательного гарнизона. МФТК ПГ получил высокую оценку руководящего состава МЧС России.

**Выводы**

На основе анализа имеющихся УТК для подготовки пожарных и спасателей в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах и образовательных организациях высшего образования МЧС России не всегда используются многофункциональные тренажерные комплексы современных конструкций. Наиболее востребованными тренировочными комплексами являются ТДК, но зачастую технически оборудованные теплодымокамеры имеются далеко не в каждом подразделении Федеральной противопожарной службы и находятся на большом расстоянии от них. В целях снижения затрат на горюче-смазочные материалы и времени следования к месту проведения тренировок, необходимо поэтапное оснащение подразделений ФПС тренировочными комплексами. Достаточное количество УТК позволить организовать регулярные тренировки в непригодной для дыхания среде, при нормальных и высоких температурах, что значительно улучшит физическую и психологическую подготовленность газодымозащитников, являющейся важной составляющей профессиональной деятельности пожарных и спасателей.

**Список литературы / References**

1. Кабелев Н. А. Пожарная разведка: тактика, стратегия и культура / Н. А. Кабелев – Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2016. – 348 с.

2. Легошин М. Ю. Использование учебно-тренажерных комплексов для профессиональной подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 20-21 апреля 2017 г.: в 2-х ч. Ч. 1 ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2017. – 455 с. – С. 318-320.

3. Легошин М. Ю. К вопросу профессиональной подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов, Е. В. Зарубина // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 670 с. – С. 550-553.

4. Легошин М. Ю. Особенности проведения тренировочных занятиях в многофункциональном учебно-тренировочном комплексе подготовки газодымозащитников / М. Ю. Легошин, С. Н. Никишов, И. М. Чистяков // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 20-21 апр.2017 г.: в 2-х ч. Ч. 1 ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2017. – 455 с. – С. 321-323.

5. Легошин М. Ю. Совершенствование профессионального уровня подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, Р. М. Шипилов, С. Н. Никишов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24-25 ноября 2016 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 768 с. С. 267-269.

6. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы Федеральной противопожарной службы МЧС России. Утверждены главным военным экспертом МЧС России генерал-полковником П.В. Плат 30.06.2008, г. Москва.

7. Программа подготовки личного состава подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы. Утверждена заместителем Министра МЧС России генерал-лейтенантом внутренней службы О.В. Баженовым 18.11.2016 г. № 2-4-71-66-18, г. Москва.

8. Соколов Е. Е. Мобильные и стационарные тренировочные комплексы и полигоны / Е. Е. Соколов, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, г. Иваново, 2014. С. 169-170.

9. Соколов Е. Е. Обоснование тестов и критериев профессионально-прикладной физической и психической подготовленности пожарных-газодымозащитников: монография / Е. Е. Соколов, М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2014. – 107 с.

10. Чистяков И. М. Приемы и способы проведения поиска пострадавших на пожаре / И. М. Чистяков, С. Н. Никишов, С. Г. Казанцев // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, г. Иваново, 2014. С. 176-178.

11. Шарабанова И. Ю. Применение новых методов подготовки и обучения спасателей, работающих в чрезвычайных ситуациях / И. Ю. Шарабанова, Р. М. Шипилов, А. В. Харламов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. (электронный журнал). URL: http://www.science-education.ru/118-14213 (дата обращения 03.09.2017).

12. Шипилов Р. М. Многофункциональный тренажёрный комплекс как средство подготовки газодымозащитников при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ / Р. М. Шипилов, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов и др. // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 18 апреля 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 300 с. – С. 270-275.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kabelev N. A. Pozharnaja razvedka: taktika, strategija i kul'tura [Fire Intelligence: tactics, strategy and culture] / N. A. Kabelev – Ekaterinburg: OOO «Izdatel'stvo «Kalan» [Ekaterinburg: Publishing house "Kalan"]. – 2016. - 348 p. [in Russian]

2. Legoshin M. Yu. Ispol'zovanie uchebno-trenazhernyh kompleksov dlja professional'noj podgotovki gazodymozashhitnikov v Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [Use of educational and training complexes for vocational training of gas defenders in the Ivanovo rescue and fire fighting academy of the Public fire service

Emercom of Russia] / M. Yu. Legoshin, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov // Sovremennye tehnologii obespechenija grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: sbornik statej po materialam VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 20-21 aprelja 2017 g.: v 2-h ch. Ch. 1 FGBOU VO Voronezhskij institut GPS MChS Rossii. – Voronezh [Modern technologies ensure civil defence and elimination of consequences of emergency situations: a collection of articles on materials of VIII all-Russian scientific-practical conference with international participation, 20-21 APR.2017: part 2 Part 1 of the Voronezh Institute of state fire service of Emercom of Russia. – Voronezh]. – 2017. – 455 p. – P. 318-320. [in Russian]

3. Legoshin M. Yu. K voprosu professional'noj podgotovki gazodymozashhitnikov v Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [To a question of vocational training of gas defenders in the Ivanovo rescue and fire fighting academy of the Public fire service Emercom of Russia] / M. Yu. Legoshin, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov and others // Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mehanizmov: sbornik materialov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ivanovo, 13 aprelja 2017 g. – Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [The reliability and durability of machines and mechanisms: proceedings of the VIII all-Russian scientific-practical conference, Ivanovo, April 13, 2017 – Ivanovo: Ivanovo fire and rescue Academy of State fire service of Emercom of Russia]. – 2017. – 670 p. – P. 550-553. [in Russian]

4. Legoshin M. Yu. Osobennosti provedenija trenirovochnyh zanjatijah v mnogofunkcional'nom uchebno-trenirovochnom komplekse podgotovki gazodymozashhitnikov [Features of carrying out training occupations in a multipurpose educational and training complex of training of gas defenders] / M. Yu. Legoshin, S. N. Nikishov, I. M. Chistyakov // Sovremennye tehnologii obespechenija grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: sbornik statej po materialam VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 20-21 apr.2017 g.: v 2-h ch. Ch. 1 FGBOU VO Voronezhskij institut GPS MChS Rossii. – Voronezh [Modern technologies ensure civil defence and elimination of consequences of emergency situations: a collection of articles on materials of VIII all-Russian scientific-practical conference with international participation, 20-21 APR.2017: part 2, Part 1, Voronezh Institute of State fire service of Emercom of Russia. – Voronezh]. – 2017. – 455 p. – P. 321-323. [in Russian]

5. Legoshin M. Yu. Sovershenstvovanie professional'nogo urovnja podgotovki gazodymozashhitnikov v Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [Improvement of professional level of training of gas defenders in the Ivanovo rescue and fire fighting academy of the Public fire service Emercom of Russia] / M. Yu. Legoshin, I. M. Chistyakov, R. M. Shipilov and others // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Godu pozharnoj ohrany, Ivanovo, 24-25 nojabrja 2016 g. – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [Fire and emergency safety: proceedings of the XI International scientific-practical conference dedicated to the Year of fire protection, Ivanovo, November 24-25, 2016 – Ivanovo: Ivanovo fire and rescue Academy of State fire service of Emercom of Russia]. – 2016. – 768 p. P. 267-269. [in Russian]

6. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i provedeniju zanjatij s lichnym sostavom gazodymozashhitnoj sluzhby Federal'noj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii [Methodical recommendations about the organization and training with staff of gas and smoke protective service of the Federal fire service of Emercom of Russia]. Utverzhdeny glavnym voennym jekspertom MChS Rossii general-polkovnikom P.V. Plat 30.06.2008, g. Moskva [Approved by the chief military expert of the Ministry of Emergencies of Russia Colonel-General P.V. Plate 30.06.2008, Moscow]. [in Russian]

7. Programma podgotovki lichnogo sostava podrazdelenij federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby [Program of training of staff of divisions of a federal fire service of the Public fire service]. Utverzhdena zamestitelem Ministra MChS Rossii general-lejtenantom vnutrennej sluzhby O.V. Bazhenovym 18.11.2016 g. № 2-4-71-66-18, g. Moskva [Approved by the Deputy Minister of the Ministry of Emergency Measures of Russia lieutenant-general of internal service O.V. Bazhenov 18.11.2016, № 2-4-71-66-18, Moscow]. [in Russian]

8. Sokolov E. E. Mobil'nye i stacionarnye trenirovochnye kompleksy i poligony [Mobile and stationary training complexes and polygons] / E. E. Sokolov, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, г. Иваново [Fire and emergency safety: proceedings of the IX International scientific-practical conference, Ivanovo, Russia]. – 2014. P. 169-170. [in Russian]

9. Sokolov E. E. Obosnovanie testov i kriteriev professional'no-prikladnoj fizicheskoj i psihicheskoj podgotovlennosti pozharnyh-gazodymozashhitnikov: monografija [Substantiation of tests and criteria of professionally applied physical and mental fitness of firefighters and gas defenders: monograph] / E. E. Sokolov, M. Yu. Legoshin, I. M. Chistyakov and others – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [Ivanovo: Ivanovo fire and rescue Academy of State fire service of Emercom of Russia]. – 2014. – 107 p. [in Russian]

10. Chistyakov I. M. Priemy i sposoby provedenija poiska postradavshih na pozhare [Receptions and ways of carrying out search of victims on the fire] / I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov, S. G. Kazantsev // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, g. Ivanovo [Fire and emergency safety: proceedings of the IX International scientific-practical conference, Ivanovo, Russia]. – 2014. P. 176-178. [in Russian].

11. Sharabanova I. Yu. Primenenie novyh metodov podgotovki i obuchenija spasatelej, rabotajushhih v chrezvychajnyh situacijah [Application of new methods of preparation and training of the rescuers working in emergency situations] / I. Yu. Sharabanova, R. M. Shipilov, A. V. Kharlamov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. [Modern problems of science and education]. – 2014. – № 4. (electronic journal). URL: http://www.science-education.ru/118-14213 (accessed 03.09.2017). [in Russian]

12. Shipilov R. M. Mnogofunkcional'nyj trenazhjornyj kompleks kak sredstvo podgotovki gazodymozashhitnikov pri tushenii pozharov i provedenii avarijno- spasatel'nyh rabot [Multifunctional training complex as a means of preparing the gas defenders in extinguishing fires and conducting rescue operations] / R. M. Shipilov, I. M. Chistyakov, S. N. Nikishov and others // Aktual'nye voprosy sovershenstvovanija inzhenernyh sistem obespechenija pozharnoj bezopasnosti ob#ektov: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Godu grazhdanskoj oborony, Ivanovo, 18

aprelja 2017 g. – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii [Topical issues of improvement of engineering systems to ensure fire safety of objects: materials of the IV all-Russian scientific-practical conference dedicated to the Year of civil defense, Ivanovo, 18 April 2017 – Ivanovo: Ivanovo fire and rescue Academy of State fire service of Emercom of Russia]. – 2017. – 300 p. – P. 270-275. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.071**

**Леонова О.Н.**
ORCID: 0000-0002-9646-8745, кандидат технических наук,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

## НАДЕЖНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

***Аннотация***

*Рассмотрены основные способы производства конструкционных материалов на основе модифицированной древесины. Составлена математическая модель для расчета надежности конструкционных элементов из древесины, в частности разработана методика терщиностойкости, основанная на использовании полуэмпирических методов и вероятностных методов, построении феноменологических стохастических моделей накопления кумулятивных повреждений, позволяющая, в зависимости от физико-механических свойств модифицированной древесины, прогнозировать число циклов нагружения до разрушения.*

**Ключевые слова:** модифицированная древесина, конструкционные материалы, надежность.

**Leonova O.N.**
ORCID: 0000-0002-9646-8745, PhD in Engineering,
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

## RELIABILITY OF CONSTRUCTION MATERIALS FROM WOOD

***Abstract***

*The main methods of producing structural materials based on modified wood are considered in the article. The mathematical model for calculating the reliability of structural elements made of wood is developed. In particular, the method of crack resistance is developed, based on the use of semi-empirical methods and probabilistic methods, the construction of phenomenological stochastic models for the accumulation of cumulative damages, which allows predicting the number of loading cycles before destruction depending on the physical and mechanical properties of the modified wood.*

**Keywords:** modified wood, construction materials, reliability.

Древесина является ценным, возобновляемым природным ресурсом. Лесопромышленный комплекс России, в настоящее время, значительно отстает по темпам роста от многих лесных стран. Во многом это связано с низкой эффективностью производств по переработке древесины и получению на ее основе полезной продукции [1].

Из древесины можно производить широкий спектр продукции, включая конструкционные материалы, которые могут заменять более дорогостоящие материалы, включая металлы, пластик и т.д. Известны опытные технологии производства из модифицированной древесины узлов трения, нейтронозащитных материалов, несущих конструкций [2].

К сожалению, в отличии, например, от европейских стран, большого распространения в России, на современный момент, эти технологии еще не получили [3].

Модификация цельной и измельченной древесины позволяет получать новые материалы с заданными свойствами, которые можно прогнозировать и задавать путем выбора способа и режима модификации [4].

Древесину заданного качества можно и выращивать, используя при этом специальные методы ухода, включая внесение удобрений, рубки ухода [5].

С точки зрения получения материалов для строительства, не считая выпиловки пиломатериалов из хвойных и твердолиственных древесных пород, можно разделить технологические процессы производства на две больших группы: модификация цельных массивов древесины путем пропитки с обезвоживанием и/или прессования; создание композитных материалов на основе измельченной древесины.

Материалы для модификации пропиткой могут быть самые разные, исходя из того, какие свойства материала должны быть в результате получены, например, это могут быть различные антисептики для повышения биостойкости, или антипирены – для огнезащитных свойств. Могут быть выбраны специальные вещества: парафин - для повышения электрических свойств, красители - для изменения цвета, карбамид – для повышения пластичности т.д. [6].

С помощью сушки (обезвоживания) удаляют лишнюю влагу из пор, прессование позволяет увеличить плотность древесины, и, соответственно, прочность. При помощи термообработки закрепляют приобретенные модифицированной древесиной свойства [7].

Наибольший эффект при модификации древесины может быть достигнут за счет оптимизации параметров всех вышеуказанных процессов и совместного воздействия технологий.

В настоящее время наиболее распространены способы модификации древесины давлением, путем воздействия на нее плоского штампа. При этом площадь контактной поверхности штампа с прессуемым материалом превосходит или совпадает с площадью контактной поверхности образца.

Когда с помощью плоского штампа осуществляется прессование круглых заготовок, сначала имеет место точечный контакт, который затем превращается в плоский вариант. В направлении действия силы сжатия прессование может обеспечить уменьшение диаметра круглых заготовок в 2-2,5 раза [8].

Существует технология прессования, когда штамп воздействует на плоский клин. При такой технологии снижается интенсивность процесса разрушения, представляется возможным повысить скорость прессования образца, его плотность и прочность [9].

Вместе с тем, если проблема выбора способа и режима обработки древесины при ее модификации во многом решена, например, здесь необходимо отметить вклад ученых научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» В.И. Патякина, О.А. Куницкой и ряда других [10], то вопросам прогнозирования показателей надежности изделий из этих материалов до сих пор не уделялось должного внимания.

Если говорить о конструкциях, подвергающихся циклическим нагружениям, например, узлы трения, балки, то весьма важной характеристикой будет трещиностойкость.

Для приближенного определения момента отказа по трещиностойкости можно использовать вероятностные методы [11]. Например, математический метод, основанный на применении теории Марковских цепей (метод В-моделей). В этом случае строятся так называемые феноменологические стохастические модели накопления кумулятивных повреждений (ФСМКП). В основе построения этих моделей лежат следующие допущения:

- Процесс эксплуатации конструкции состоит из повторяющихся циклов нагружения (ЦН);
- Состояния поврежденности конструкции дискретны и обозначены через 1, 2….$j$…$\beta$ (отказ);
- Накопление повреждений в цикле нагружения зависит только от этого цикла и состояния повреждения в его начале;
- Повреждение за цикл нагружения может перейти из состояния, в котором оно находилось в начале этого цикла в состояние с номером на единицу больше.

Время $x$, согласно первому условию, дискретно, т.е. $x$=0, 1, 2, и т.д., допускаемые состояния дискретны по второму условию. Следовательно, при таких допущениях будет иметь место процесс с дискретным временем и состояниями, а третье условие соответствует Марковскому свойству процесса, который может быть описан в виде дискретной Марковской цепи. Она является заданной, если известен вектор начальных состояний, соответствующий выражению

$$P_0 = \left\langle p_{01}, p_{02}, \ldots, p_{0\beta-1} \right\rangle, \tag{1}$$

(При этом $\sum_{i}^{\beta-1} P_{0i} = 1$ ◆ $\forall$◆$_{0i} \geq 0$).

Переходная матрица, имеет вид:

$$P = \begin{vmatrix} p_1 q_1 0 \;\; 0 \ldots 0 \;\; 0 \\ 0 \;\; p_2 q_2 0 \ldots 0 \;\; 0 \\ 0 \; 0 \;\; p_3 q_3 \ldots 0 \;\; 0 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ 0 \; 0 \; 0 \;\; 0 \ldots p_{\beta-1} q_{\beta-1} \\ 0 \; 0 \; 0 \; 0 \ldots 0 \quad 1 \end{vmatrix}, \tag{2}$$

где: $P_i$ – вероятность перехода в состояние (из $i$-1). $q_i$=1 - $P_i$.

Состояние системы в момент времени $x$ определяется по выражению Колмогорова-Чепмена:

$$P_x = P_0 \cdot P^x. \tag{3}$$

Интегральная функция распределения в момент выхода конструкции из работоспособного состояния, иначе говоря, состояния «$\beta$» определяется по формуле:

$$F_w(x, \beta) = P(w_\beta \leq x) = P_x(\beta). \tag{4}$$

Функции надежности и интенсивности отказов, соответственно, будут определяться следующими выражениями:

$$F_w(x, \beta) = 1 - h_w(x, \beta), \tag{5}$$

$$h_w(x, \beta) = 1 - \frac{\bar{F}_w(x, \beta)}{\bar{F}_w(x-1, \beta)}. \tag{6}$$

При дальнейшем моделировании полезно использовать график $r_j = p_j / q_j$ в функции $j$.

Вышеприведенные зависимости позволяют снизить трудоемкость решения задачи определения времени до достижения трещиной установленной предельной величины, иначе говоря, выхода конструкции из строя. Так, если обозначить $w_{1\beta}$ время до выхода конструкции из строя, при условии, что процесс начался из первого состояния, при $x$=0, то математическое ожидание времени до выхода из строя определится из нижеследующего выражения:

$$\left(w_{1,\beta}\right) = \sum_{1}^{\beta-1} \left(1 + r_j\right), \tag{7}$$

а дисперсия времени до выхода конструкции из строя будет определяться выражением:

$$D\left(w_{1,\beta}\right)=\sum_{1}^{\beta-1} r_j\left(1+r_j\right). \tag{8}$$

На основании выражений (7) и (8) можно определить состояние, $j^*$ соответствующее заранее установленному, критическому, т.е. когда величина трещин определяет состояние конструкции до ее выхода из строя.

Затем, согласно методике, изложенной в [12] должна решаться задача о построении *B*-модели с наименьшим числом параметров, при известном векторе $p_0$.

Для этого используется способ выбора $p_j$ или, что эквивалентно $r_j$, которые позволяют существенно сократить число параметров. Он заключается в задании четырех блоков постоянных $r_j$. При этом потребуются экспериментальные сведения о процессе развития трещин во времени (их размерах, а также статистические характеристики – математическое ожидание и дисперсия).

Для конкретных расчетов по данной методике нужны исходные данные, которые определяются по нижеследующему алгоритму.

Для известных характеристик древесного материала [13], по графику зависимости скорости образования трещины $\frac{da}{dN}$ от величины коэффициента эффективности напряжений ($K_{\max}$), по которому определяется $\frac{da}{dN}$ (или $\frac{\Delta a}{\Delta N}$), число циклов нагружений (*N*) при развитии трещины от первоначального состояния $a_0$ до конечного (определенного) $a_к$, можно получить по выражению:

$$N=\frac{2}{\left(n-2\right)CM^{\frac{n}{2}}\Delta\sigma^{n}}\left[\frac{1}{a_0^{\frac{n-2}{2}}}-\frac{1}{a_{\text{◆}}^{\frac{n-2}{2}}}\right], \tag{9}$$

где: *C* и *n* – параметры уравнения Пэриса; Δσ – размах напряжений в цикле; $M=y_1^2\pi$; $y_1$ – функция, имеющая различный вид, для различных случаев нагружения и расположения трещин.

Величина коэффициента эффективности напряжений определяется по зависимости $K_I=\sigma\sqrt{\pi\ell}$ [14]. Значение $\sigma$ определяется по графикам [12], где параметром является $x_{0,9}$ – время вычисления с вероятностью 0,9.

**Вывод:**

Разработана методика терщиностойкости конструкционных элементов из древесины, позволяющая, в зависимости от физико-механических свойств древесины, или древесного композита, из которого они изготовлены, прогнозировать число циклов нагружения до разрушения.

**Список литературы/ References**

1. Куницкая О.А. Обоснование направлений диверсификации обработки низкотоварной древесины на комплексных лесопромышленных предприятиях с использованием инновационных технологий /О.А. Куницкая - СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 250 с.

2. Куницкая О.А. Материаловедческие и технологические аспекты производства новых конструкционных и защитных материалов на основе древесины путем ее пропитки жидкостями с различными физико-химическими и биологическими свойствами / О.А. Куницкая // Деп. ВИНИТИ 290.04.11 № 202-В2011. - 2011. - 35 с.

3. Куницкая О.А. Новые материалы из низкотоварной древесины и изделия из них /О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции -Воронеж.: ВГЛТУ. 2014. - Том 2. - С. 22–26. - DOI: 10.12737/6097.

4. Куницкая О.А. Выбор наполнителя для создания конструкционных материалов на основе отходов окорки /О.А. Куницкая// Материалы международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы лесного комплекса" - Вологда: ВоГТУ, 2011. - С. 72-75.

5. Григорьева О.И. Формирование рубками ухода сосновых насаждений повышенной устойчивости и ценности в условиях Ленинградской области: автореферат дисс… канд. сельхоз. наук: 06.03.03: защищена 22.12.05: утв. 21.06.06 Григорьева Ольга Ивановна. - СПб, 2005 – 22 с.

6. Куницкая О.А. Моделирование различных способов пропитки древесины полимерами /О.А. Куницкая// Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. - 2011. - № 3. - С. 131-135.

7. Куницкая О.А. Определение оптимальных параметров процесса прессования и обезвоживания пропитанных древесных материалов /О.А. Куницкая, В.Я. Шапиро, С.С. Бурмистрова, И.В. Григорьев // Вестник Московского государственного университета леса Лесной Вестник. - 2012. - № 4. - С. 110-115.

8. Куницкая О.А. Оптимизация процесса модифицирования древесины /О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции -Воронеж.: ВГЛТА, 2014. - Том 2. - С. 375 – 378. - DOI: 10.12737/3997.

9. Куницкая О.А. Математическая модель процессов прессования и обезвоживания пропитанных древесных материалов / О.А. Куницкая, В.Я. Шапиро, С.С. Бурмистрова, И.В. Григорьев // Научное обозрение. - 2012. - № 5. - С. 102-114.

10. Григорьев И.В. Научные школы лесопромышленного комплекса России /И.В. Григорьев // Дерево.ru. - 2016. - № 6. - С. 42-46.

11. Григорьев И.В., Методика расчета трещиностойкости пильных цепей /И.В. Григорьев, М.В. Тарабан, Н.Н. Вернер // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы лесного комплекса» - Вып. № 20. - Брянск 2007. - С. 91-94.

12. Богданофф Дж. Вероятностные модели накопления повреждений / Дж. Богданофф, Ф. Козин - М.: Мир. 1989. - 344 с.

13. Куницкая О.А. Расчет деформационных свойств древесины /О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Воронежский научно-технический вестник. 2014. № 4. С. 84-88.

14. Гусев А.С. Сопротивление усталости и живучесть конструкции при случайных нагрузках /А.С. Гусев - М.: Машиностроение. 1989, - 244 с.

**Список литературы на английском языке/ References in English**

1. Kunickaya O.A. Obosnovanie napravlenij diversifikacii obrabotki nizkotovarnoj drevesiny na kompleksnyh lesopromyshlennyh predpriyatiyah s ispol'zovaniem innovacionnyh tekhnologij [Justification of the directions of diversification of processing low-grade wood in an integrated timber industry enterprises with the use of innovative technologies] /O.A. Kunickaya -SPb.: SPbGLTU, 2015. – 250 p. [in Russian]

2. Kunickaya O.A. Materialovedcheskie i tekhnologicheskie aspekty proizvodstva novyh konstrukcionnyh i zashchitnyh materialov na osnove drevesiny putem ee propitki zhidkostyami s razlichnymi fiziko-himicheskimi i biologicheskimi svojstvami [Material science and technological aspects of production of new structural and protective materials based on wood by means of impregnation fluids with different physico-chemical and biological properties] / O.A. Kunickaya // Dep. VINITI 290.04.11 № 202-V2011, 2011. 35 p. [in Russian]

3. Kunickaya O.A. Novye materialy iz nizkotovarnoj drevesiny i izdeliya iz nih [New materials from low-grade wood and products made of them] /O.A. Kunickaya, I.V. Grigorev // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. Sbornik nauchnyh trudov po materialam mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice. Collection of scientific papers on materials of international correspondence scientific-practical conference] -Voronezh.: VGLTU, 2014. - P. 22 – 26. - DOI: 10.12737/6097. [in Russian]

4. Kunickaya O.A. Vybor napolnitelya dlya sozdaniya konstrukcionnyh materialov na osnove othodov okorki [The choice of filler to create structural materials based on waste debarking] /O.A. Kunickaya// Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa" [Materials of international scientific-practical conference "Actual problems of forestry complex"]. - 2011. - P. 72-75. [in Russian]

5. Grigoreva O.I. Formirovanie rubkami uhoda sosnovyh nasazhdenij povyshennoj ustojchivosti i cennosti v usloviyah Leningradskoj oblasti [The formation of the thinnings of pine plantations increased stability and values in conditions of Leningrad region]: avtoreferat diss… PhD in Agriculture: 06.03.03: defense of the thesis 22.12.05: approved. 21.06.06 Grigoreva Olga Ivanovna - SPb, 2005 – 22 p. [in Russian]

6. Kunickaya O.A. Modelirovanie razlichnyh sposobov propitki drevesiny polimerami [Models of different methods of impregnation of wood with polymers] /O.A. Kunickaya// Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa Lesnoj vestnik [Bulletin of Moscow state forest University Forest Bulletin]. - 2011. - № 3. - P. 131-135. [in Russian]

7. Kunickaya O.A. Opredelenie optimal'nyh parametrov processa pressovaniya i obezvozhivaniya propitannyh drevesnyh materialov [Determining the optimal parameters of the process of pressing and dehydration of the impregnated wood materials] /O.A. Kunickaya, V.YA. SHapiro, S.S. Burmistrova, I.V. Grigor'ev // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa Lesnoj Vestnik [Bulletin of Moscow state forest University Forest Bulletin]. - 2012. - № 4. - P. 110-115. [in Russian]

8. Kunickaya O.A. Optimizaciya processa modificirovaniya drevesiny [Optimization of the process of modification of wood] /O.A. Kunickaya, I.V. Grigorev // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. Sbornik nauchnyh trudov po materialam mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice. Collection of scientific papers on materials of international correspondence scientific-practical conference] -Voronezh.: VGLTA. - 2014. - P. 375 – 378. - DOI: 10.12737/3997. [in Russian]

9. Kunickaya O.A. Matematicheskaya model' processov pressovaniya i obezvozhivaniya propitannyh drevesnyh materialov [Mathematical model of processes of pressing and dehydration of the impregnated wood materials] / O.A. Kunickaya, V.YA. Shapiro, S.S. Burmistrova, I.V. Grigorev // Nauchnoe obozrenie [Scientific review]. - 2012. - № 5. - P. 102-114. [in Russian]

10. Grigorev I.V. Nauchnye shkoly lesopromyshlennogo kompleksa Rossii [Scientific schools of the Russian timber industry complex] /I.V. Grigorev // Derevo.ru [Derevo.ru] 2016. № 6. P. 42-46. [in Russian]

11. Grigorev I.V., Metodika rascheta treshchinostojkosti pil'nyh cepej [Method of calculating the fracture toughness of saw chains] /I.V. Grigorev, M.V. Taraban, N.N. Verner // Sb. nauch. trudov «Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa» [Collection of scientific works "Actual problems of forestry complex"] № 20. Bryansk 2007. P. 91-94. [in Russian]

12. Bogdanoff Dzh. Veroyatnostnye modeli nakopleniya povrezhdenij [Probabilistic model of damage accumulation] / Dzh. Bogdanoff, F. Kozin M.: Mir. 1989, - 344 p. [in Russian]

13. Kunickaya O.A. Raschet deformacionnyh svojstv drevesiny [Calculation of strain properties of wood] /O.A. Kunickaya, I.V. Grigorev // Voronezhskij nauchno-tekhnicheskij vestnik [Voronezh scientific and technical Bulletin] 2014. № 4. P. 84 88. [in Russian]

14. Gusev A.S. Soprotivlenie ustalosti i zhivuchest' konstrukcii pri sluchajnyh nagruzkah [Fatigue resistance and survivability of structures under random loads] /A.S. Gusev - M.: Mashinostroenie. 1989, - 244 p. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.171**

**Мерзликина Н.В.[1], Секацкий В.С.[2], Полещук К.О.[3], Дедух Л.Д.[4], Осколкова К.О.[5],**
[1,2]Кандидат технических наук, [3,4,5]студент,
Сибирский федеральный университет в г. Красноярске

# КВАЛИГРАММА КАК ИНСТРУМЕНТ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ С УЧЕТОМ ЦИКЛА PDCA И РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЫШЛЕНИЯ

***Аннотация***

*В рамках реализации процессного подхода системы менеджмента качества рассмотрены способы описания процессов. Предложено при графическом представлении процесса в виде квалиграммы учесть элементы цикла PDCA и риск-ориентированного мышления. На примере процесса «Внутренний аудит» разработана квалиграмма процесса с циклом PDCA и связанный с ней реестр рисков процесса. Выполнение работ в рамках данного процесса обеспечит его непрерывное совершенствование, позволит количественно и качественно оценивать риски при принятии решения, что приведет к повышению качества выполняемых работ и снижению затрат.*

**Ключевые слова:** процесс, квалиграмма, цикл PDCA, риск-ориентированное мышление.

**Merzlikina N.V.[1], Sekatsky V.S.[2], Poleshchuk K.O.[3], Deduh L.D.[4], Oskolkova K.O.[5],**
[1,2]PhD in Engineering, [3,4,5]Student,
Siberian Federal University in Krasnoyarsk

# QUALIGRAM AS A DESCRIPTION TOOL OF PROCESSES ACCOUNTING THE PDCA CYCLE AND RISK-ORIENTED THINKING

***Abstract***

*Within implementation the framework of the quality management system process approach, the ways of describing the processes are considered. It is suggested to consider the elements of the PDCA cycle and risk-oriented thinking in the graphic representation of the process in the form of a qualigram. Using the example of the Internal Audit process, a qualigram process with a PDCA cycle and associated process risk registration was developed. Works performance within the framework of this process will ensure its continuous improvement, will allow to quantitatively and qualitatively assess the risks in the decision making, which will lead to an improvement in the quality of the performed work and costs reduction.*

**Keywords:** process, qualigram, PDCA cycle, risk-oriented thinking

Для повышения эффективности деятельности компании и конкурентоспособности выпускаемой продукции или оказываемой услуги современные организации разрабатывают, внедряют и поддерживают в рабочем состоянии систему менеджмента качества (СМК), одним из принципов которой является процессный подход [1]. В ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [2, С. 4] дано следующее определение данного принципа: «Последовательные и прогнозируемые результаты достигаются более эффективно и результативно, когда деятельность осознается и управляется как взаимосвязанные процессы, которые функционируют как согласованная система».

Практическая реализация процессного подхода включает в себя определение и управление взаимосвязанными процессами, которые направлены на достижение намеченных результатов в соответствии с политикой в области качества и стратегией развития организации в целом. Для менеджмента процессов СМК необходимо совместно с процессным подходом использовать цикл PDCA [3] и элементы риск-ориентированного мышления [4]. Применение цикла PDCA позволяет не только повысить эффективность управления процессом, но и определять возможности для улучшения деятельности, основываясь на анализе своих действий [5].

Внедрение элементов риск-ориентированного мышления основано на изучении внешних и внутренних факторов, влияющих как положительно, так и отрицательно на получение конечного результата процесса, определении рисков деятельности и использовании своих возможностей для снижения негативного влияния на результаты процесса.

При внедрении процессного подхода необходимо обеспечить наглядность объекта управления с помощью его точного, простого, удобного для восприятия и анализа описания. Это позволит каждому работнику четко осознавать и реализовывать свою ответственность и свою роль в достижении предприятием конечных результатов.

В организациях в рамках СМК используются различные способы описания процессов [6]. Одним их самых распространенных способов описания процессов – текстовой способ, который не предусматривает графических форм. Основным преимуществом данного способа является подробное описание всех действий. К недостаткам можно отнести большой объем текстовой части и отсутствие наглядности, что ограничивает востребованность документа [6].

В последнее время текстовой способ описания процессов вытесняется графическими методами. Графическое изображение процесса позволяет в компактном виде представить весь процесс, подробно показать его элементы и взаимосвязи как внутри процесса, так и внешние связи с другими процессами. Данный способ изображения процесса играет особую роль:

- при проведении анализа процесса;
- при обсуждении возникших проблем и принятии решений, рабочей группой;
- для определения возможностей и рисков в данном процессе;
- при стандартизации деятельности;
- для определения и внесения изменений в существующий процесс.

На сегодняшний день существует большое количество методов графического изображения процесса. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, обусловленные сферой распространения того или иного метода, его направленностью и т. п. [7]. Однако ни в одном из методов при описании процесса не предусмотрено применение цикла PDCA и риск-ориентированного мышления.

Подробно рассмотрим один из графических способов описания процесса в виде квалиграммы, но не в стандартном ее представлении, а с наложением цикла PDCA и риск-ориентированного мышления.

Квалиграмма позволяет показать последовательность действий в процессе, ответственность и информационные потоки в виде графической схемы [7]. При моделировании процесса, используя хронологическую последовательность действий, показывается взаимодействие участников, передача информации, использование необходимых ресурсов.

Данный способ описания имеет ряд преимуществ, которые делают его популярным [8]:

- наглядность и простота информации;
- наглядность и четкое распределение обязанностей между участниками процесса;
- выявление взаимодействия с другими процессами;
- полнота информации.

Рассмотрим данный способ описания процесса на примере процесса «Внутренний аудит» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», который изначально имел текстовое описание и блок-схему.

По текстовому описанию и блок-схеме была построена квалиграмма, в которой выделяется четыре этапа цикла PDCA. Для наглядности каждый этап цикла на схеме выделили соответствующим цветом: планирование (plan) – светло желтый, выполнение (do) – розовый, проверка (check) – голубой, воздействие (act) – светло зеленый (рис. 1).

Для данного процесса был разработан «Реестр рисков» (рис. 2), в котором были приведены 6 основных рисков, их последствия, вероятность, тяжесть, действия при возникновении и ответственные. Кроме того, поле каждого риска окрашивается в определенный цвет.

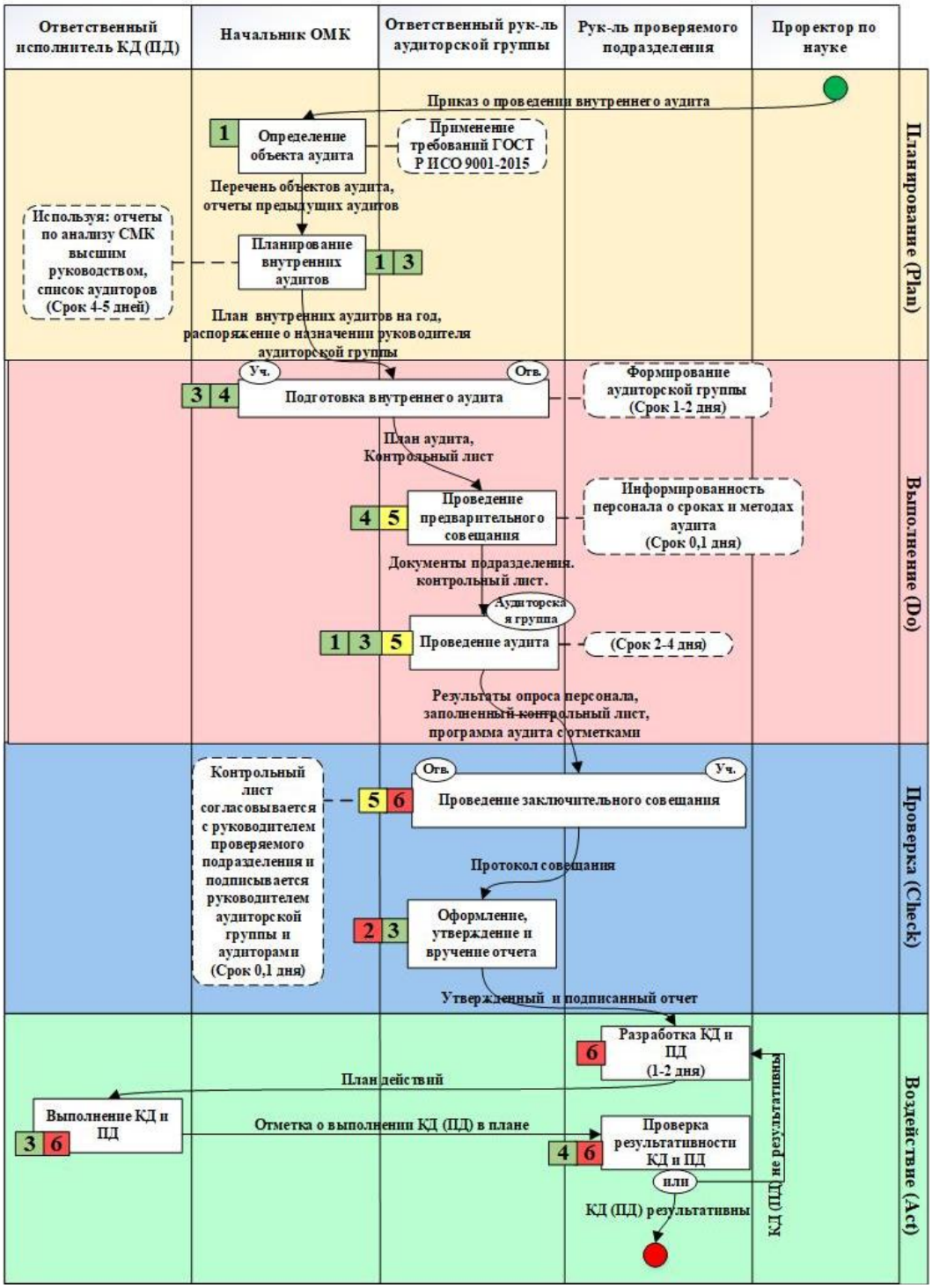



Рис. 1 – Квалиграмма процесса с циклом PDCA

Вероятность и тяжесть каждого из рисков были определены по трёхбалльной шкале [9]. По матрице вероятности и тяжести рисков определяем уровень каждого риска:

- зеленый – минимальный уровень риска;
- желтый – средний уровень риска;
- красный – критический уровень риска.

| Наименование риска | Последствие | Вер. | Тяж. | Действие при возникновении риска | Ответственный |
|---|---|---|---|---|---|
| 1) Изменение политики и целей в области качества | Изменение объекта аудита, за счет изменения приоритетных направлений<br>Изменение последовательности проверки подразделений (объектов) аудита | 1 | 2 | Внести изменения в программу аудита, донести информацию об изменениях до всех участников процесса | Начальник ОМК |
| 2) Изменение нормативных документов | Изменение деятельности | 2 | 3 | Анализ изменений, корректировка деятельности в соответствии с требованиями нормативных документов | Начальник ОМК |
| 3) Изменение кадрового состава | Невыполнение планов внутренних аудитов | 1 | 2 | Привлечение к деятельности резервный штат сотрудников | Начальник ОМК |
| 4) Изменение в планах внутреннего аудита | Нарушение или невыполнение плана внутренних аудитов | 1 | 2 | Корректировка деятельности, привлечение резервного штата, оповещение до всех участников процесса | Руководитель аудиторской группы |
| 5) Нарушение информационн ых потоков | Отсутствие необходимого персонала<br>Нарушение сроков выполнения планов внутренних аудитов | 2 | 2 | Связаться с необходимым участником процесса и передать информацию | Начальник ОМК |
| 6) Недостаточн ость собранной информации | Недостоверная информация о результативности и эффективности СМК | 3 | 3 | Осуществить запрос в подразделение о предоставлении необходимой информации. | Руководитель аудиторской группы |

Рис. 2 – Реестр рисков процесса «Внутренний аудит»

Все риски указываются на квалиграмме в виде цветных квадратов с номером риска (см. рис. 1). Цвет квадрата на квалиграмме соответствует цвету риска, указанного в таблице [10]. Они располагаются рядом с конкретным действием, в котором могут возникнуть.

Таким образом, при описании процесса совмещение элементов цикла PDCA и риск-ориентированного мышления с традиционным графическим представлением процесса в виде квалиграммы обеспечит непрерывное совершенствование процесса, позволит количественно и качественно оценивать риски при принятии решения, что приведет к повышению качества выполняемых работ и снижению затрат. Разработанные документы получаются компактные, наглядные и будут востребованы сотрудниками.

**Список литературы / References**

1. Дедух Л.Д. Анализ нормативной документации систем управления качества / Д.Л. Дедух, К.О. Полещук, Н.В. Мерзликина // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование (г. Курск). – 2015. – С. 240–243.

2. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 2015–11–01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 49 с.

3. Р 50-601-46-2004. Рекомендации. Методика менеджмента процессов в системе качества. – Введ. 2004. – М. 2004.

4. ГОСТ Р ИСО 31000- 2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. – Введ. 2011-09-01. - М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с.

5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 23 с.

6. Описание и идентификация процессов в менеджменте качества [Сайт]. URL: http://referatwork.ru/QM/section-11.html

7. Методы описания процесса для анализа и стандартизации [Сайт]. URL: http://pandia.ru/text/79/274/13703.php

8. Закирова А.Р. Управление процессами : учеб. Пособие. – Казань. – 2015. С. 87

9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. – Введ. 01.12.2012. - М.: Стандартинформ, 2012. – 69 с.

10. Егорова Е.Н. Риски хозяйственной деятельности предприятий / Е.Н. Егорова, И.Н. Прохоров // Проблемы экономики и менеджмента. № 5 (9). 2012. С. 11 – 18.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Deduh L.D. Analiz normativnoy dokumentatsii sistem upravleniya kachestva [Analysis of regulatory documents of quality management systems] / D.L. Deduh, K.O. Poleschuk, N.V. Merzlikina // Kachestvo produktsii: kontrol, upravlenie, povyishenie, planirovanie (g. Kursk). – 2015. – P. 240–243. [in Russian]

2. GOST R ISO 9000–2015. Sistemyi menedzhmenta kachestva. Osnovnyie polozheniya I slovar [Quality management systems. Fundamentals and vocabulary]. – Vved. 2015–11–01. – M. : Standartinform, 2015. – 49 P. [in Russian]

3. R 50-601-46-2004. Rekomendatsii. Metodika menedzhmenta protsessov v sisteme kachestva. [Recommendations. The method of management of processes in the quality system.] – Vved. 2004. – M. 2004. [in Russian]

4. GOST R ISO 31000- 2010. Menedzhment riska. Printsipyi i rukovodstvo. [Risk management. Principles and guidance.] – Vved. 2011-09-01. - M.: Standartinform, 2012. – 19 P. [in Russian]

5. GOST R ISO 9001-2015. Sistemyi menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. [Quality management systems. Requirements.] – Vved. 01.11.2015. – M.: Standartinform, 2015. – 23 P. [in Russian]

6. Opisanie i identifikatsiya protsessov v menedzhmente kachestva [Description and identification of processes in quality management] [Site]. URL: http://referatwork.ru/QM/section-11.html

7. Metodyi opisaniya protsessa dlya analiza i standartizatsii [Methods for describing the process for analysis and standardization] [Site]. URL: http://pandia.ru/text/79/274/13703.php

8. Zakirova A.R. Upravlenie protsessami : ucheb. Posobie. [Process Management: Textbook. Allowance.] – Kazan. – 2015. P. 87

9. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metodyi otsenki riska. [Risk management. Methods of risk assessment.] – Vved. 01.12.2012. - M.: Standartinform, 2012. – 69 P. [in Russian]

10. Egorova E.N. Riski hozyaystvennoy deyatelnosti predpriyatiy [Risks of economic activity of enterprises] / E.N. Egorova, I.N. Prohorov // Problemyi ekonomiki i menedzhmenta. # 5 (9). 2012. P. 11 – 18. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.130**

**Миничев А.В.**

ORCID: 0000-0002-3770-8155, инженер-конструктор 2 категории,

АО «Центральное конструкторское бюро машиностроения»

## ПРУЖИННЫЙ АККУМУЛЯТОР ПЕРЕМЕННОЙ КОНФИГУРАЦИИ С ГИБКИМ ЗВЕНОМ

***Аннотация***

*В данной статье рассматривается пружинный аккумулятор переменной конфигурации, предназначенный для применения в многопозиционном пружинном приводе с поступательным движением выходного звена, приводятся его геометрические, динамические и силовые характеристики, а также варианты компоновки. Кроме того, представлены выражения, позволяющие рассчитать требуемые значения жесткости пружин и межосевого расстояния исходя из известных параметров технологической операции. Приведённая в статье информация может быть использована при проектировании аккумулятора переменной конфигурации с гибким звеном.*

**Ключевые слова:** пружинные аккумуляторы, многопозиционный привод, линейный привод, механическая энергия, рекуперация.

**Minichev A.V.**

ORCID: 0000-0002-3770-8155, Design engineer of II category,

JSC "Central Design Bureau of Mechanical Engineering"

## SPRING ACCUMULATOR OF VARIABLE CONFIGURATION WITH FLEXIBLE LINK

***Abstract***

*This article considers a spring-loaded, variable configuration accumulator intended for use in a multi-position spring drive with translational motion of the output link, it's geometric, dynamic and power characteristics, as well as layout options are given. In addition, formulas are presented that allow you to calculate the required values of spring stiffness and distance between axes based on known parameters of the process operation. The information in the article can be used to design a variable configuration accumulator with a flexible link.*

**Keywords**: spring accumulators, multi-position drive, linear drive, mechanical energy, recuperation.

Известны приводы с рекуперацией энергии для возвратно-поступательного [1, С. 91], [3, С. 68-76], [8], [10, С. 1-5] и возвратно-качательного движения [3, С. 10], [4, С. 29], [5, С. 217, 224], [6, С. 5, 14], [7, С. 499-509]. Многопозиционность в приводах с рекуперацией обеспечивается, как правило, использованием

дифференциальных пружинных аккумуляторов и групп управляемых упоров [5, С. 224, 227, 232], [6, С. 14-15, 17, 21]. В работе [5, С. 351-352] рассмотрены пружинные приводы, построенные с использованием гибкого звена. В работе [2, С. 489-503] рассмотрен нелинейный пружинный аккумулятор переменной конфигурации, предназначенный для использования в многопозиционном пружинном приводе с поступательным движением выходного звена, К недостаткам аккумулятора, рассмотренного в работе [2, С. 489-503] можно отнести зависимость времени перемещения выходного звена от величины заданного перемещения.

Рассмотрим пружинный аккумулятор переменной конфигурации, построенный с использованием троса. Схема пружинного аккумулятора представлена на рис. 1.

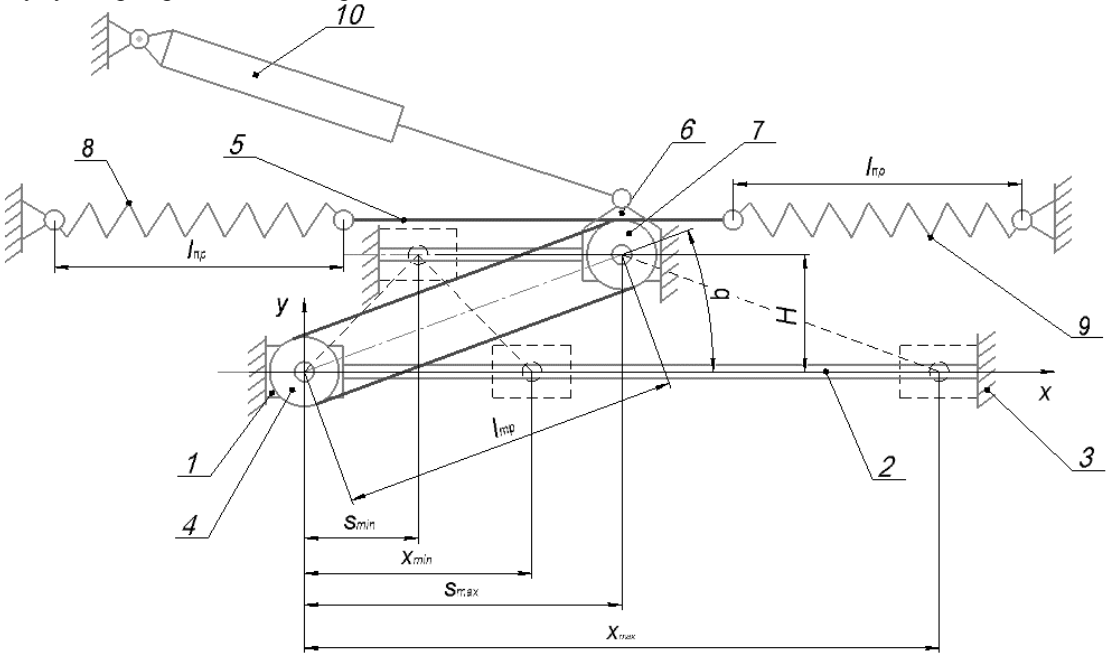



Рис. 1 – Пружинный аккумулятор переменной конфигурации

Выходное звено 1 установлено на направляющей 2 с возможностью линейного перемещения. Направляющая 2 установлена на корпусе 3. Выходное звено 1 оснащено блоком 4. Также аккумулятор содержит каретку 6, оснащённую блоком 7. Выходное звено 1 соединяется с кареткой 6 посредством троса 5, огибающего блоки 4 и 7 и соединяющегося концами с пружинами 8 и 9. Вторые концы пружин 8 и 9 соединяются с корпусом 3. Положение каретки 6 задаётся приводом 10, установленным на корпусе 3.

Пружинный аккумулятор характеризуется следующими величинами:

$x$ – координата выходного звена, $X_{min}$, $X_{max}$ – значения минимального и максимального перемещения выходного звена;

$s$ – координата каретки, $S_{min}, S_{max}$ – минимальное и максимальное значение координаты каретки;

$H$ – межосевое расстояние;

$C$ – жесткость пружины;

$l_{пр}$ – длина пружины, $l_0$, $l_3$ – минимальная и максимальная длины пружины, $\Delta l$ – удлинение пружины;

q – угол приложения силы к выходному звену.

Поскольку параметры $X_{min}$ и $X_{max}$ определяются технологической операцией, а коэффициент удлинения пружины $K_y$ может быть принят в пределах 2…8, определим требуемое удлинение пружин. Удлинение пружин $\Delta l$ соответствует расстоянию между осями блоков 4 и 7 и вычисляется как:

$$\Delta l = \sqrt{(s-x)^2 + H^2} \tag{1}$$

Приведём выражение (1) к виду:

$$N = X_{max} \cdot N' \tag{2}$$

Тогда безразмерная величина $\Delta l'$, характеризующая удлинение пружины, определяется как:

$$\Delta l' = \sqrt{(s'-x')^2 + (H')^2} \tag{3}$$

Если пренебречь работой диссипативных сил, то для рассматриваемого аккумулятора справедливо выражение:

$$s = \frac{x_{треб}}{2}, \tag{4}$$

Где $x_{треб}$ – требуемое перемещение выходного звена.

С учётом (4) максимальное удлинение пружины $\Delta l_{max}$ определяется согласно выражению:

$$\Delta l_{max} = \sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + H^2}; \tag{5}$$

Межосевое расстояние $H$ может быть выбрано из диапазона $H > d$, где $d$ – диаметр блоков 4 и 7.

Приведём выражение (5) к виду (6), тогда безразмерная величина, характеризующая максимальное удлинение пружины $\Delta l'_{max}$, определяется как:

$$\Delta l'_{max} = \sqrt{\frac{1}{4} + (H')^2}; \quad (6)$$

Преобразуя (5) с использованием определения коэффициента удлинения, получаем выражение для минимальной длины пружины:

$$l_0 = \frac{1}{Ky - 1}\sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + H^2} \quad (7)$$

Приведём выражение (7) к виду (2), тогда безразмерная величина $l'_0$, характеризующая минимальную длину пружины:

$$l'_0 = \frac{1}{Ky - 1}\sqrt{\frac{1}{4} + (H')^2} \quad (8)$$

Максимальная длина пружин определяется как:

$$l_3 = \frac{Ky}{Ky - 1}\sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + H^2} \quad (9)$$

Приведём выражение (9) к виду (2), тогда безразмерная величина $l'_3$, характеризующая максимальную длину пружин:

$$l'_3 = \frac{Ky}{Ky - 1}\sqrt{\frac{1}{4} + (H')^2} \quad (10)$$

Угол приложения силы пружин к выходному звену $q$ определяется через тригонометрические функции:

$$\sin(q) = \frac{H}{\sqrt{(s-x)^2 + H^2}}; \quad \cos(q) = \frac{s - x}{\sqrt{(s-x)^2 + H^2}} \quad (11)$$

Сила $F_{\text{пр}}$, действующая на выходное звено со стороны пружины, выражается как:

$$F_{\text{пр}} = \text{C} \cdot \sqrt{(s-x)^2 + H^2} \quad (12)$$

Максимальное усилие пружины $F_{max}$ определяется согласно следующему выражению:

$$F_{max} = \text{C} \cdot \sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + H^2} \quad (13)$$

Выражения для x и y составляющих силы, действующей на выходное звено, имеют вид:

$$\begin{cases} F_x = \text{C} \cdot (s - x) \\ F_y = \text{C} \cdot H \end{cases} \quad (14)$$

Безразмерная величина $F'$, характеризующая силу, действующую на выходное звено со стороны пружины, может быть определена согласно следующему выражению:

$$F' = \frac{F}{\text{C} \cdot X_{max}}$$

Из выражения (14) видно, что составляющая силы вдоль оси y постоянна. Таким образом, данный аккумулятор может обеспечивать разгрузку направляющей от силы тяжести, действующей со стороны выходного звена. В этом случае межосевое расстояние $H$ определяется как:

$$H = \frac{m \cdot g}{C}, \text{где:} \quad (15)$$

$m$ – масса выходного звена, $g$ - ускорение свободного падения.

Потенциальная энергия аккумулятора $V$ определяется как

$$V = \frac{1}{2}\text{C} \cdot ((s-x)^2 + H^2); \quad (16)$$

Безразмерная величина $V'$, характеризующая энергию аккумулятора, может быть выражена следующим образом:

$$V' = \frac{2 \cdot V}{\text{C} \cdot {X_{max}}^2} \quad (17)$$

Подставляя (16) в (17), получаем:

$$V' = (s' - x')^2 + (H')^2; \quad (18)$$

Максимальная потенциальная энергия пружины $V_{max}$ определяется согласно следующему выражению:

$$V_{max} = \frac{1}{2}\text{C} \cdot \left(\frac{X_{max}^2}{4} + H^2\right); \quad (19)$$

Аналогично [2] рассмотрим уравнение полной механической энергии системы:

$$V_0 = \text{V} + \text{E} + \text{A}_{\text{дисс}} \quad (20)$$

где V – текущее значение потенциальной энергии пружины; $\text{V}_0$ – потенциальная энергия пружины в начальный момент времени; E – кинетическая энергия выходного звена; $\text{A}_{\text{дисс}}$ – работа диссипативных сил на рассматриваемом перемещении.

Потенциальная энергия пружины определяется согласно выражению (16). Кинетическая энергия E определяется как:

$$E = \frac{1}{2} m \cdot \dot{x}^2 \tag{21}$$

Скорость выходного звена $\dot{x}$ выражается как:

$$\dot{x} = \pm \sqrt{\frac{2}{m} \cdot [V_0 - V]} \tag{22}$$

Пренебрегая работой диссипативных сил, подстановкой (16), (20) в (21) получаем выражение для определения скорости выходного звена:

$$\dot{x} = \pm \sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \sqrt{(s - x_0)^2 - (s - x)^2}. \tag{23}$$

Безразмерная величина $\dot{x}'$, характеризующая скорость выходного звена, определяется следующим образом:

$$\dot{x}' = \sqrt{\frac{m}{C}} \cdot \frac{\dot{x}}{X_{max}} \tag{24}$$

Согласно работе [9, С. 39], время перемещения выходного звена $t$ определяется как:

$$t = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{\frac{C}{m}} \cdot \sqrt{(s - x_0)^2 - (s - x)^2}} \tag{25}$$

Безразмерная величина $t'$, характеризующая время перемещения выходного звена, определяется как:

$$t = \sqrt{\frac{m}{C}} t' \tag{26}$$

Подставляя (25) и (4) в (26), и считая $x_0 = 0,$ получаем:

$$t' = \pi$$

Таким образом, данный аккумулятор обладает постоянным временем перемещения выходного звена, не зависящим от положения центра колебаний.

Подставляя полученное значение $t'$ в (26), выразим жесткость пружины исходя из требуемого времени перемещения выходного звена:

$$C = \frac{m \cdot \pi^2}{t^2} \tag{27}$$

Подставляя (27) в (15), выражение для определения величины $H$ при заданном быстродействии привода:

$$H = \frac{g \cdot t^2}{\pi^2} \tag{28}$$

Тогда минимальная длина пружины с учётом выбора $H$ из соображений разгрузки направляющей определяется как:

$$l_0 = \frac{1}{Ky - 1} \sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + \frac{g^2 \cdot t^4}{\pi^4}} \tag{29}$$

Подставляя (27) и (28) в (18), получаем выражение для максимальной потенциальной энергии $V_{max}$:

$$V_{max} = \frac{m \cdot \pi^2}{2 \cdot t^2} \cdot \left( \frac{X_{max}^2}{4} + \frac{g^2 \cdot t^4}{\pi^4} \right); \tag{30}$$

Максимальное усилие пружины $F_{max}$ определяется как:

$$F_{max} = \frac{m \cdot \pi^2}{t^2} \cdot \sqrt{\frac{X_{max}^2}{4} + \frac{g^2 \cdot t^4}{\pi^4}}; \tag{31}$$

**Заключение.** В работе приведены зависимости, описывающие геометрические характеристики пружинного аккумулятора переменной конфигурации, предназначенного для применения в конструкции многопозиционного привода с поступательным движением выходного звена. Получены выражения, позволяющие определить значения таких конструктивных параметров аккумулятора, как межосевое расстояние H, жесткость пружины $C$, исходя из заданных максимального и минимального перемещения выходного звена, времени перемещения, перемещаемой массы.

Полученные выражения могут быть использованы при проектировании пружинного аккумулятора переменной конфигурации.

**Список литературы / References**

1. Миничев А. В. – Разработка и исследование пружинного привода / А. В. Миничев // Неделя науки СПбПУ: Материалы научной конференции с международным участием. Лучшие доклады. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 91-95.

2. Миничев А.В. – Исследование геометрических характеристик пружинного аккумулятора переменной конфигурации / А. В. Миничев // Современное машиностроение: Наука и образование: материалы 6-й Международной научно-практической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 489-503.

3. Жавнер В. Л. Рекуперативные приводы для цикловых перемещений: Учебное пособие / В. Л. Жавнер, О. Н. Мацко, М. В. Жавнер - Palmarium Academic Publishing: Saarbrucken, 2014. – 90 с.

4. Глушков А. А. Исследование и разработка быстродействующих поворотных цикловых приводов колебательного типа: дисс. ... канд. техн. Наук : 05.02.02 : защищена 27.12.06 / Глушков Андрей Алексеевич. - Владимир, ВлГУ, 2006. – 148 с.

5. Корендясев А. И. Манипуляционные системы роботов. / А. И. Корендясев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес и др. – М.: Машиностроение. – 1989. – 470 с.

6. Корендясев А. И. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. Т. 2. / А. И. Корендясев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес и др. М.: Наука. 2006.– 376 с.

7. Пелупесси Д. С. Пружинные аккумуляторы для шаговых приводов / Д. С. Пелупесси, М. В. Жавнер // Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы V Междунар. науч. -практ.конф. –СПб.: Изд-во Политехн. ун-та,–2016. – С.499-509.

8. Патент РФ №158169. Рекуперативный привод / Миничев А.В., Мацко О.Н.; Опубл. 20.12.15, Бюл. № 35.

9. Ландау Л. Д. Теоретическая физика: Учеб. пособие. – В 10-ти т. Т. 1. – Механика. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц– 4-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 216 с.

10. Zhavner V.L. Spring drives for reciprocal motion, / V.L. Zhavner, O.N. Matsko // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2016, No.1, pp.1-5.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Minichev A. V. Razrabotka i issledovanie pruzhinnogo privoda [Development and research of a spring drive] / A. V. Minichev // Nedelya nauki SPbPU: Materialy nauchnoy konferencii s mezhdunarodnim uchastiem [Week of Science SPbPU: Proceedings of a scientific conference with international participation. Best reports]. – SPb.: Izdatelstvo Polytehnicheskogo universiteta. 2016. – P. 91-95. [in Russian]

2. Minichev A. V. Issledovanie geometricheskih harakteristik pruzhinnogo akkumulatora peremennoi konfiguracii [Investigation of the geometric characteristics of a spring accumulator] / A. V. Minichev // Sovremennoe mashinostroenie: Nauka i obrazovanie: materialy 6-oi nauchno-prakticheskoy konferencii [Modern Engineering: Science and Education: Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference]. – SPb.: Izdatelstvo Polytehnicheskogo universiteta. 2016. – P. 489-503. [in Russian]

3. Zhavner V. L. Rekuperativnye privody dlja ciklovyh peremeshhenij: Uchebnoe posobie [Recuperative drives for reciprocal motion: Textbook] / V. L. Zhavner, O. N. Macko, M. V. Zhavner - Palmarium Academic Publishing: Saarbrucken, 2014. – 90 p. [in Russian]

4. Glushkov A. A. Issledovanie i razrabotka bystrodejstvujushhih povorotnyh ciklovyh privodov kolebatel'nogo tipa [Research and development of high-speed rotary reciprocal drives of oscillatory type]: diss. ... PhD in Engineering Sciences : 05.02.02 : defense of the thesis 27.12.06 / Glushkov Andrej Alekseevich. - Vladimir, VlGU, 2006. – 148 p. [in Russian]

5. Korendjasev A. I. Manipuljacionnye sistemy robotov [Manipulative systems of robots] / A. I. Korendjasev, B. L. Salamandra, L. I. Tyves and other. – M.: Mashinostroenie. – 1989. – 470 p. [in Russian]

6. Korendjasev A. I. Teoreticheskie osnovy robototehniki [Theoretical Foundations of Robotics]. In 2 h, the P. 2. / A. I. Korendjasev, B. L. Salamandra, L. I. Tyves and other. M.: Nauka. 2006. – 376 p. [in Russian]

7. Pelupessi D. S. Pruzhinnye akkumuljatory dlja shagovyh privodov [Spring accumulators for stepper drives] / D. S. Pelupessi, M. V. Zhavner // Sovremennoe mashinostroenie. Nauka i obrazovanie: Materialy V Mezhdunar. nauch. -prakt.konf. [Modern Engineering: Science and Education: Materials of the 5th International Scientific and Practical Conference]. –SPb.: Izdatelstvo Polytehnicheskogo universiteta. –2016. – Pp. 499-509 [in Russian]

8. Patent of the Russian Federation No. 158169. Rekuperativnyj privod [Recuperative drive] / Minichev A. V., Matsko O. N.; Published on 20.12.15, bulletin № 35. [in Russian]

9. Landau L.D. Teoreticheskaja fizika: Ucheb. posobie. [Theoretical Physics: a Tutorial] – In 10 h, the P. 1. – Mehanika. / L. D. Landau, E. M. Lifshic– 4th revised edition. – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1988. – 216 p. [in Russian]

10. Zhavner V.L. Spring drives for reciprocal motion, / V. L. Zhavner, O. N. Matsko // Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2016, No.1, P.1-5.

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.052

**Пахомов А.Н.[1], Васенина С.В.[2], Бирюкова И.А.[3], Позднышева И.Г.[4], Комбарова Е.Ю.[5]**
[1]ORCID: 0000-0002-0452-9708, кандидат технических наук,
[2,3,4,5] бакалавр техники и технологии,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

# НЕКОТОРЫЕ КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ НА ТВЕРДЫХ ПОДЛОЖКАХ

***Аннотация***

*Приведены результаты исследования кинетики конвективной сушки промышленных и модельных жидких дисперсных продуктов на твердых подложках. Дано описание некоторых свойств исследованных продуктов. Приведены данные по условиям проведения экспериментов. Дано описание использованных в работе подложек Представлен сравнительный анализ поведения кинетических кривых для выбранных продуктов при жестких режимах сушки. Показано, что наличие явлений структурообразования оказывает определяющую роль в процессе формирования кинетических кривых сушки.*

**Ключевые слова:** сушка, подложка, кинетика, дисперсная система, температурная площадка, режим.

**Pakhomov A.N.[1], Vasenina S.V.[2], Biryukova I.A.[3], Pozdnysheva I.G.[4], Kombarova E.Yu.[5]**
[1]ORCID: 0000-0002-0452-9708, PhD in Engineering,
[2,3,4,5] Bachelor of Engineering and Technology,
FSBEI of HE “Tambov State Technical University”

# SOME KINETIC FEATURES OF LIQUID DISPERSION PRODUCTS DRYING ON SOLID SUBSTRATES

***Abstract***

*The results of a study of the kinetics of convective drying of industrial and model liquid disperse products on solid substrates are presented. Some properties of the products are described. Data on the experimental conditions are given. A description of the substrates used in the work is given. A comparative analysis of the behavior of kinetic curves for selected products under severe drying conditions is presented. It is shown that the presence of the phenomena of structure formation has a decisive role in the formation of kinetic drying curves.*

**Keywords**: drying, substrate, kinetics, disperse system, temperature platform, regime.

Сушка дисперсных систем на основе жидкостей, таких как суспензии, эмульсии, пастообразные материалы, растворы неорганических и органических продуктов на подложках различного вида является один из распространенных промышленных способов сушки и термообработки, в производстве как полупродуктов, так и индивидуальных продуктов. Основными примерами применения подобных процессов являются:

- сушка и грануляция кормовых продуктов и органических удобрений (в этом случае, как правило, высушиваемый материал удерживается на поверхности растущей гранулы);
- сушка красителей и пигментов на инертных телах;
- сушка красок, лаков, клеев на резиновых и полимерных основах;
- сушка тонких слоев пигментов на лентах и/или барабанах;
- процессы получения специальных декоративных покрытий и т.п. [1, С. 23].

На практике для таких сушилок при инженерном проектировании выполняются только балансные расчеты. Режим и время обработки подбираются экспериментальным путем. Иногда удается использовать простейшие аппроксимации для скорости сушки. Более полные расчеты выполняются только в научных работах. Таким образом, в лучшем случае при проектировании рассматривается только кинетика убыли влаги [2, С. 633], [4, С. 282].

В тоже время качество материалов и режим обработки определяются не столько скоростью сушки, сколько изменением температуры в первую очередь, но совместно с влагосодержанием. Это связано с температурно-влажностной зависимостью физико-химических и структурно-реологических превращений [3, С. 620]; [9. С. 92]. Это, например, химические реакции, надмолекулярные превращения, поверхностные явления, структурообразование, усадка, пузыри [10, С. 78]. Зависимость их от температуры обычно экспоненциальная (характерная для вида уравнения Аррениуса) или степенная. Даже сам влагоперенос, миграция и конечное (равновесное или квазиравновесное) влагосодержание в основном определяются температурной кривой [5, С. 95].

Для исследования механизма и кинетики процесса сушки необходимо учитывать вид, свойства и начальную температуру твердых подложек, на которых будет производиться высушивание промышленных и модельных дисперсных продуктов. Для экспериментального исследования необходимо выбирать диффузионно-проницаемые (пористые или/и набухающие) и непроницаемые материалы; редкие несорбирующие сетки, которые не препятствуют испарению жидкости; высоко- и низкотеплопроводные материалы ($\lambda$, $a_{disp}$ >>, ≅, << $\lambda$, $a_{subst}$ ); холодные и горячие подложки ($T_{нач}$ >, ≅, < $T_{среды}$ ) [9, С. 91].

Для исследования кинетики сушки жидких дисперсных продуктов нами в экспериментах использовались следующие подложки:

1) пластины из малотеплопроводного материала - фторопласта, размерами 45х35х2 мм (т.н. “малые образцы”) и 120х35х2 мм (т.н. “большие образцы”) с бортиками по краям высотой 0.8 мм для удержания высушиваемого состава [10, С. 71].

2) пластины из высокотеплопроводного материала - алюминия, тех же конструкций и размеров

3) сетки из капрона (т.н. “сеточные образцы”) на проволочных рамках аналогичных «малым» и «большим» образцам видов и размеров (толщина сетки 0.25мм, диаметр нити 0.16 мм, размер ячейки 0.32х0.32мм);

Исходный состав наносился на сплошную подложку при температуре 20 $^{o}$C (т.н. “холодная” подложка) или на подложку, предварительно нагретую до температуры воздуха в сушилке (т.н. “горячие” подложки). Такие подложки

(мало- и высокотеплопроводные, холодные и горячие) имитируют основные возможные варианты промышленных процессов [6, С. 46].

После сушки образец охлаждали и производили опыт с чистым нагревом образца в тех же условиях. Отсюда определяли коэффициенты теплоотдачи для “сухого” нагрева (имитация конечной стадии сушки).

При сушке составов на подложках из сетки влиянием материала подложки на испарение влаги приближенно можно пренебречь. В экспериментах на сеточных подложках определялись коэффициенты теплоотдачи при “чистом” испарении (имитация 1-го периода сушки). Дополнительную проверку проводили по результатам экспериментов с сушкой на монолитных (сплошных) подложках.

Экспериментальные исследования проводились на большой циркуляционной сушилке. Воздушный циркуляционный контур сушилки имеет размеры 240х240 мм. Температура сушильного агента варьировались от 40 до 160 $^0$С. Скорость сушильного агента в канале варьировалась от 2 до 10 м/с.

Для исследования механизма и кинетики сушки были выбраны системы, имеющие сильно различающиеся значения физико-химических свойств и представляющие реальные промышленные дисперсные продукты, модельные дисперсные системы на основе воды и водные растворы неорганических и органических веществ [7, С. 3]:

1) Дисперсные системы получаемые в производстве (мясное и зерновое производство):

– мясокостная жидкость, около 8-12 кг. тв./кг. влажн. мат-ла. Представляет собой маловязкую жидкость темно-серого цвета. По данным анализа пищевой ценности содержит 30% жира, 25% белка.

– кукурузная жидкость, около 50 кг. тв./кг. влажн. мат-ла. Представляет собой пасту желтого цвета с характерным запахом. По данным анализа пищевой ценности содержит 50-55% белка, 20-30% молочной кислоты, 5-15% сахаров.

2) Модельные дисперсные системы:

– Коллоид желатина около 10 кг. тв./кг. влажн. мат-ла.

– Тонкая суспензия крахмала около 50 кг. тв./кг. влажн. мат-ла.

3) Водные растворы неорганических и органических веществ:

– раствор хлорида натрия близкий к насыщенному 20 кг. тв./кг. влажн. мат-ла.

– раствор сахара, 50 кг. тв./кг. влажн. мат-ла.

На рис. 1 представлены кривые сушки и температурные кривые для всех рассмотренных дисперсных продуктов при жестком режиме сушке: 160 $^o$С и 5м/с. По оси ординат отложены: справа - температура образца в процессе сушки, $^o$С; слева - разность начальной и текущей массы образца $g=(g_{\text{начальн.}} - g_{\text{текущ.}})$ и конечной массы сухого образца $g_р$, в граммах (в этом случае влажность образца можно считать практически близкой к равновесию, т.е. $(g_{\text{текущ.}} - g_{\text{конечн.}}) \approx (g - g_р)$).

Жесткий режим сушки для термолабильных продуктов можно реализовать в промышленности только ограниченно - при очень быстрой сушке в тонких слоях, однако он позволяет выявить основные кинетические особенности сушки и нагрева, необходимые для моделирования в широком диапазоне температур.

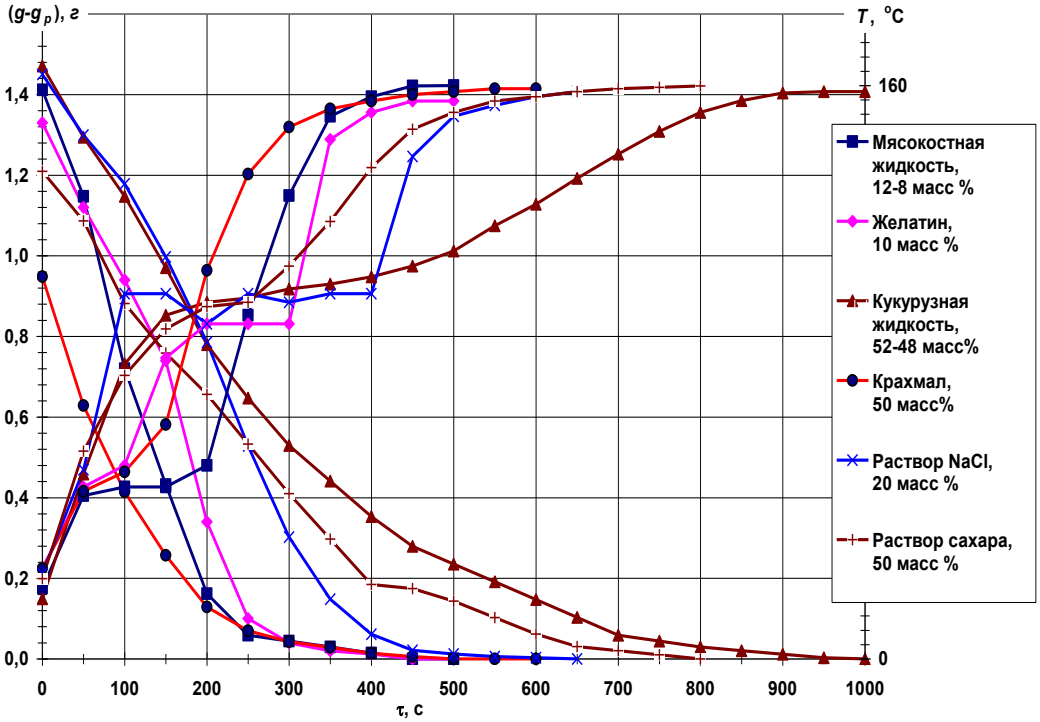



Рис. 1 – Кинетические кривые конвективной сушки исследованных продуктов на подложке (Условия эксперимента: $T$ = 160 $^o$С, $w$ = 5 м/с, подложка – фторопласт δ= 2мм.)

Для материалов склонных к структурообразованию на поверхности в процессе сушки (желатин, соль, сахар) эксперименты производились до так называемого квазиравновесного состояния, когда убыль влаги в эксперименте практически прекращалась (за время большее времени прогрева образца до температуры сушильного агента) [8, С. 410].

Как видно из приведенных кинетических кривых, время сушки и прогрева дисперсных продуктов одного порядка, то есть температурная и влажностная кинетика равноценны.

Необходимо отметить наличие участка постоянной скорости сушки для всех исследованных продуктов на выбранном режиме. Ярко выраженная температурная площадка близкая к температуре мокрого термометра (которая определяет 1-ый период сушки) наблюдается, однако, только для мясо-костной жидкости. Для остальных материалов первый период характеризуется наличием $N$=const, но без выраженной или при отсутствии температурной площадки близкой к температуре мокрого термометра.

Для желатина, температурная площадка хорошо проработана, но она постоянно растет во времени. Для крахмала и соли температурная площадка практически вырождается и наблюдается только перегиб. Для кукурузной жидкости температурная площадка вообще не наблюдается.

Вторая ярко выраженная температурная площадка наблюдается только для соли и сахара. Обе температурные площадки наблюдаются для желатина. Ни одной ярко выраженной температурной площадки не наблюдается для крахмала.

Как следует из анализа приведенных кинетических кривых наибольшее влияние на характер кинетических кривых и значения кинетических характеристик оказывает выраженность явлений структурообразования. Чем сильнее проявляется структурообразование в процессе сушки, тем сильнее деформация кинетических кривых, в особенности термограмм сушки. Соответственно, анализ получаемых термограмм может предоставить информацию о характере физико-химических и структурно-реологических превращений в материале при его сушке и определить степень влияния режима сушки на качество высушиваемых материалов.

**Список литературы / References**

1. Пахомов А.Н. Сушка капель жидких дисперсных продуктов/ А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова// М.: Издательство «Перо», 2013. – 122с.

2. Пахомов А.Н. Возможности самоорганизации дисперсных систем при сушке на подложке / А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова, Е.А. Ильин // Вестник Тамбовского государственного технического университета . – 2012 . – Т. 18, №3 . – С.633 – 637.

3. Пахомов А.Н. Типы кинетических кривых, получаемых при сушке капель жидких дисперсных продуктов/А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова// Химическая технология . – 2014 . – №10 . – С. 620-623.

4. Пахомов А.Н. К расчету кинетики нагрева и сушки многослойных дисперсных продуктов на подложках/А.Н. Пахомов, Н.Ц. Гатапова, Ю.В. Пахомова//Вестник Тамбовского государственного технического университета. –2015. – Т. 21. № 2. – С. 279-288.

5. Пахомов А.Н. Кинетика сушки дисперсий на твердых подложках : дис. … канд. тех. наук : 05.17.08 : защищена 22.12.2000: утв. 16.03.01 / Пахомов Андрей Николаевич. – Тамбов, ТГТУ., 2000. – 225 с.

6. Пахомова Ю.В. Кинетика сушки капель жидких дисперсий на диффузионно-непроницаемых подложках: дис. ... канд. тех. наук: 05.17.08: защищена 23.12.2011 : утв. 23.12.2012 /Пахомова Юлия Владимировна. – Тамбов, ТГТУ., 2011. –283 с.

7. Пахомов А.Н. Интенсификация процесса сушки жидкой послеспиртовой барды в аппарате с кипящим слоем инертных тел / А.Н. Пахомов, Н.С. Сорокина, А.В. Баландина // Инженерный вестник Дона . – 2014 . – № 4-1 . – С. 79-83.

8. Пахомова Ю.В. Оценка качества готового продукта при сушке жидких дисперсных веществ / Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 2(33). – С. 407–412.

9. Пахомов А.Н. Некоторые особенности сушки пастообразных материалов на подложках/А.Н. Пахомов, Ю.В.Пахомова, Е.А. Хатунцева, В.А. Елизарова//Инженерный вестник Дона . – 2015 . – Т. 36. № 2-2 . – С. 91-94.

10. Пахомова Ю.В. Особенности механизма и кинетики сушки капель дисперсий (на примере сушки послеспиртовой барды)/Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов, А.Н. Пахомов//Вестник Тамбовского государственного технического университета . – 2011 . – Т. 17. № 1 . – С. 70-82.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Pakhomov A.N. Sushka kapel' zhidkikh dispersnykh produktov [Drying drops of liquid dispersed products]/ A.N. Pakhomov, Yu.V. Pakhomova// M.: Izdatel'stvo «Pero». 2013. – 122 P. [in Russian]

2. Pakhomov A.N. Vozmozhnosti samoorganizacii dispersnyh sistem pri sushke na podlozhke [The possibility of self-organization of particle systems in drying on a substrate]/A.N. Pakhomov, Ju.V. Pakhomova, E.A. Ilin// Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of Tambov state technical University]. – 2012. – V. 18, №3. – P. 633 – 637. [in Russian]

3. Pakhomov A.N. Tipy kineticheskih krivyh, poluchaemyh pri sushke kapel' zhidkih dispersnyh produktov [Types of kinetic curves, obtained by drying droplets of liquid dispersed products]/A.N. Pakhomov, Ju.V. Pakhomova// Himicheskaja tehnologija [Chemical engineering]. – 2014. – №10. – P. 620-623. [in Russian]

4. Pakhomov A.N. K raschetu kinetiki nagreva i sushki mnogoslojnyh dispersnyh produktov na podlozhkah [To calculate the kinetics of heating and drying the dispersed layered products on substrates]/A.N. Pahomov, N.Z. Gatapova, Ju.V. Pakhomova // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of Tambov state technical University]. – 2015. – V. 21, №2. – P. 279 – 288. [in Russian]

5. Pakhomov A.N. Kinetika sushki dispersiy na tverdykh podlozhkakh [The kinetics of drying of the dispersions on solid substrates]: dis. … of PhD in Engineering: 05.17.08: defense of the thesis 22.12.01 : approved 16.03.01/Pakhomov Andrey Nikolaevich. – Tambov: TambGTU, 2000. –225 P. [in Russian]

6. Pakhomova Ju.V. Kinetika sushki kapel' zhidkih dispersij na diffuzionno-nepronicaemyh podlozhkah [The kinetics of drying drops of liquid dispersions on the diffusion-impermeable substrates]: dis. ... of PhD in Engineering: 05.17.08: defense of the thesis: 23.12.11: approved 23.12.12/Pakhomova Julija Vladimirovna. – Tambov: TambGTU, 2011. – 283 P. [in Russian]

7. Pakhomov A.N. Intensifikacija processa sushki zhidkoj poslespirtovoj bardy v apparate s kipjashhim sloem inertnyh tel [Intensification of drying process of liquid distillery stillage in the apparatus with fluidized bed of inert bodies] /A.N.

Pakhomov, N.S. Sorokina, A.V. Balandina// Inženernyj vestnik Dona [Engineering Journal of Don] .– 2014. – №. 4-1. – P. 79-83 [in Russian]

8. Pakhomova Ju.V. Ocenka kachestva gotovogo produkta pri sushke zhidkih dispersnyh veshhestv [Assessment of the quality of the finished product when drying liquid substances dispersed]/Ju.V. Pakhomova, V.I. Konovalov// Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo [Questions modern science and practice. University. V. I. Vernadsky]. – 2011. – № 2(33) . – P. 407–412. [in Russian]

9. Pakhomov A.N. Nekotorye osobennosti sushki pastoobraznyh materialov na podlozhkah [Some features of drying pasty materials on substrates]/A.N. Pakhomov, Ju.V. Pakhomova, E.A. Hatunceva, V.A. Elizarova // Inženernyj vestnik Dona [Engineering Journal of Don] .– 2015. – №. 2-2. – P. 91-94 [in Russian]

10. Pakhomova Ju.V. Osobennosti mehanizma i kinetiki sushki kapel' dispersij (na primere sushki poslespirtovoj bardy [Features of the mechanism and kinetics of drying drops of the dispersions (for example, the drying of DDGS)]/ Ju.V. Pakhomova, V.I. Konovalov, A.N. Pahomov// Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of Tambov state technical University]. – 2011. – V. 17, №1. – P. 70 – 82. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/ 10.23670/IRJ.2017.65.091**

**Сергеева С.С.[1], Попов В.С.[2], Красильников В.Н.[3], Быченкова В.В.[4], Сафонова Э.Э.[5]**

[1]Аспирант,

[2]ORCID: 0000-0003-3274-7662, кандидат технических наук, [3]доктор технических наук, профессор, [4]кандидат технических наук, доцент, [5]кандидат педагогических наук, доцент,

Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, Санкт-Петербург.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАВАРНОГО ТЕСТА НА ОВСЯНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКЕ И РАЗРАБОТКА НА ЕГО ОСНОВЕ МУЧНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

***Аннотация***

*Исследованы структурно-механические свойства заварного и пресного теста на пшеничной и овсяной муке. Показаны изменения, происходящие с мукой при заваривании, получены реологические профили теста. Определена роль, выполняемая различными компонентами в составе заварного теста. Разработана рецептура и технология приготовления овсяных профитролей на основе нетоксичного при целиакии сорта овса. Выполненные исследования представляют непосредственный интерес с точки зрения пищевой инженерии продуктов специализированного и функционального назначения.*

**Ключевые слова:** овсяная мука, пшеничная мука, заварное тесто, целиакия, функциональные продукты, реология.

**Sergeeva S.S.[1], Popov V.S.[2], Krasilnikov V.N.[3], Bychenkova V.V.[4], Safonova E.E.[5]**

[1]Postgraduate Student,

[2]ORCID: 0000-0003-3274-7662, PhD in Engineering, [3]PhD in Engineering, [4] PhD in Engineering, Associate Professor, [5]PhD in Pedagogy, Associate Professor,

Higher School of Biotechnology and Food Technology, St. Petersburg

## STUDY OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PATE A CHOUX ON OATMEAL AND WHEAT FLOUR AND THE DEVELOPMENT OF PROCESSED FOOD OF SPECIFIC PURPOSE ON ITS BASIS

***Abstract***

*Structural and mechanical properties of pate a choux and unleavened dough for wheat and oatmeal are studied. Changes occurring in flour during its boiling are shown, rheological test profiles are obtained. The role played by various components in pate a choux is determined. The recipe and technology of preparation of oat profiteroles on the basis of non-toxic celiacia variety of oats are developed. Performed studies are of immediate interest from the point of view of food engineering for specialized and functional products.*

**Keywords:** oatmeal, wheat flour, pate a choux, celiacia, functional products, rheology.

В последнее время широкое распространение получили продукты специализированного и функционального назначения для улучшения здоровья и профилактики таких болезней «цивилизации» как ожирение, онкологические заболевания, сахарный диабет и др.

Производство этих продуктов лежит на основе растительного сырья, как культурных, так и дикорастущих форм растений, которые являются неотъемлемой частью в области здорового питания. С древних времен за выдающиеся лечебные и диетические свойства почитался овёс [1].

Мучные изделия – наиболее популярные и доступные продукты питания. Их преимущество в огромном разнообразии: по сырью, технологии приготовления, составу. В отдельную группу можно выделить мучные изделия из овсяной муки. В настоящее время ассортимент изделий на овсяной муке представлен на рынке не достаточно и ограничивается в основном изделиями, в которых овсяная мука используется в качестве смеси с пшеничной мукой.

В производстве мучных изделий используется не само зерно, а продукт его переработки – мука. При использовании цельнозерновой овсяной муки в ней сохраняются вся польза и пищевая ценность цельного зерна овса. Такая мука считается важным функциональным ингредиентом и по ряду пищевых веществ, содержанию белка, жира, пищевых волокон, кальция, магния, а также витаминов $B_1$ и $B_2$ превосходит пшеничную муку. Кроме того, белок овса более сбалансирован по аминокислотному составу, легко усваивается организмом, отличается от белка пшеницы повышенным содержанием аминокислот: лизин, валин, цистин и другие [2, P. 125-129], [3, C. 254].

Также овсяная мука содержит большое количество некрахмальных полисахаридов (НПС), таких как арабиноксиланы и β-глюканы, способных понижать уровень сахара и холестерина в крови [4, P. 1-39], [5].

**Цель работы** – разработка технологии и ассортимента специализированных заварных полуфабрикатов из сортов голозёрного овса нетоксичных при целиакии.

**Задачи исследования:**

- исследовать реологические свойства заварного овсяного и пшеничного теста;
- разработать рецептуру и технологию приготовления заварных полуфабрикатов из муки цельносмолотого зерна овса.

Как показали исследования, некоторые сорта овса являются нетоксичными при таком заболевании современности как целиакия, поэтому перспективным является разработка новых рецептур мучных изделий, в том числе на основе овсяной муки, полученной из нетоксичных сортов овса и не содержащих глютен [6, C. M 30], [7, C. 269-270].

Для исследования была использована цельнозерновая мука, полученная из голозёрного сорта овса Пушкинский, нетоксичного при целиакии. Это позволит расширить сырьевую базу и увеличить ассортимент мучных изделий с повышенной пищевой ценностью. Голозёрные сорта овса отличаются более высоким процентным содержанием масла (7 % и более), белка (20,2 % и более), аминокислот (аргинина, лизина) по сравнению с плёнчатыми формами. Белок овса имеет наибольшую биологическую ценность среди зерновых культур [8, P. 64-69], [9, P. 91-95].

Овсяная мука не образует клейковину, придающую тесту необходимые вязко-упруго-эластичные свойства, в то же время содержит большое количество полисахаридов, таких как крахмал, слизи, β-глюканы и другие НПС, ограниченно набухающие в холодной воде, что проявляется в получении липкого, не сохраняющего свою форму, теста. При заваривании овсяной муки крахмал клейстеризуется, НПС набухают, при этом тесто становится эластичным и менее липким.

Для изучения изменений, происходящих с тестом после заваривания муки, были приготовлены модельные образцы густого теста на пшеничной и овсяной муке. Два образца теста были приготовлены из заварной муки и два образца – из муки, смешанной с холодной водой.

Исследование структурно-механических свойств проводили с помощью текстуроанализатора Структурометр СТ-2. Для этого использовали методику № 5 [10, C.3].

Принцип действия прибора основан на измерении механической нагрузки на насадке-инденторе при внедрении его с заданной скоростью в подготовленную пробу продукта. С помощью прибора под действием постоянной нагрузки определяли пластическую деформацию теста.

Зависимость деформации теста от приложенного усилия представлена на рис. 1.

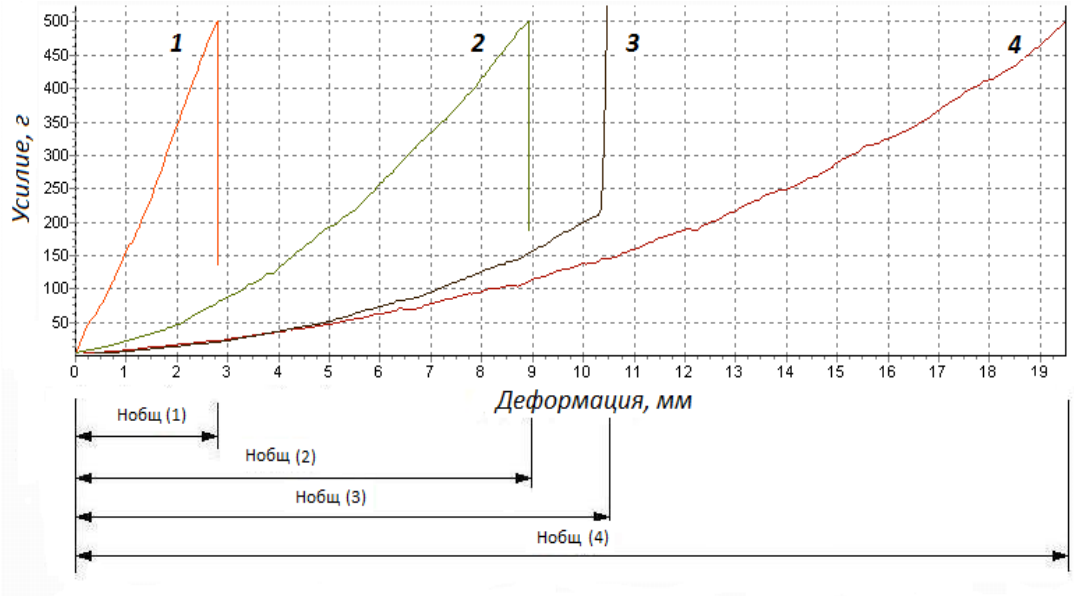



Рис. 1 – Реологический профиль теста на пшеничной и овсяной муке

Исследуемые образцы теста:

1. Овсяная мука + холодная вода (20°C)
2. Овсяная мука + горячая вода (95°C) (заварное тесто)
3. Пшеничная мука + горячая вода (95°C) (заварное тесто)
4. Пшеничная мука + холодная вода (20°C).

Общая деформация, совпадающая с пластической деформацией (Н) у образца №1 составила 2,8 мм; у образца №2 – 8,9 мм; у образца №3 – 10,5 мм и у образца №4 – 19,5 мм.

Реологические свойства теста и структура готовых изделий в значительной степени определяются видом используемой муки. Из рисунка видно, что при холодном замесе деформация теста на пшеничной муке (№4) практически в 7 раз превосходит деформацию аналогичного теста на овсяной муке (№1) и обладает выраженными упруго-эластичными свойствами, что связано с набуханием белков пшеничной муки и образованием упругого клейковинного каркаса.

Таким образом, тесто на пшеничной муке, полученное в результате холодного замеса обладает выраженными структурно-механическими свойствами, такими как пластичность, упругость, растяжимость. Белки пшеничной муки быстро набухают уже в холодной воде, полисахариды намного медленнее. С повышением температуры способность к набуханию у полисахаридов возрастает, тогда как белки муки при этом частично денатурируют и способность к набуханию у них снижается.

После заваривания овсяной муки, тесто также становится более пластичным и упругим благодаря набуханию крахмала и НПС и по своим характеристикам приближается к тесту из заварного теста на пшеничной муке (соответственно образцы №2 и №3).

На основе заварного теста, нами была разработана рецептура и технология приготовления полуфабриката профитролей на цельнозерновой овсяной муке [11, P. 111-112].

Профитроли (от фр. «профит» - «прибыль») – это небольшие круглые булочки из заварного теста диаметром до 5 сантиметров. Технология приготовления изделий основана на том, что во время выпечки влага, связанная крахмалом и НПС при заваривании муки, начинает испаряться и тем самым способствует образованию внутренней полости и увеличению изделий в объёме.

Традиционно данные изделия готовят из пшеничной муки со средним содержанием клейковины. Представленная разработка отличается полным отсутствием в составе изделия пшеничной муки, которую заменяли цельнозерновой овсяной мукой, полученной из голозёрного сорта овса Пушкинский.

Также в процессе приготовления заварного теста и изделий было показано влияние других компонентов рецептуры на их структурно-механические и технологические свойства. Яйца придают тесту эластичность, способствуют образованию полости в готовых изделиях, а также улучшают вкус и придают им желтоватый цвет. Без яиц изделия не имеют подъёма, обладают хрустящей, пористой структурой. Профитроли, приготовленные только с яичным белком или желтком, также имели незначительный подъём, плохо пропекались и обладали хрупкой структурой. Заварное тесто, приготовленное без масла, имело более жидкую консистенцию, а изделия расплывались на противне и не имели подъёма. Таким образом, в заварном тесте, масло выполняет струкутруообразующую роль.

Соотношение компонентов и воды в рецептуре овсяных профитролей было изменено, поскольку при равнозначной замене пшеничной муки на овсяную в соответствии с рецептурой №832 «Профитроли» [12], заварное тесто обладало повышенной плотностью и крошливостью, а готовые изделия практически не увеличивались в объёме и плохо пропекались.

Готовый овсяный полуфабрикат профитролей имел хорошие органолептические показатели, за исключением вкуса, который был слегка горьким. По всей видимости, это обусловлено продуктами окисления липидов овса. Дальнейшие исследования показали, что предварительная гидротермическая обработка (ГТО) зерна овса позволяет удалить продукты окисления жиров с поверхности зерна, а также инактивировать ферменты, отвечающие за окислительную порчу жиров. Таким образом, ГТО зерна способствует уменьшению характерного привкуса овса и горечи в готовых изделиях, а также продлевает сроки хранения муки, полученной из такого зерна. Кроме того, заварное тесто, приготовленное из обработанной муки, имеет более густую консистенцию и меньше растекается по противню благодаря увеличению водосвязывающей способности муки. Это позволяет получить готовые изделия шарообразной формы и с большой полостью внутри.

Нами были построены органолептические профили, определены и оценены основные дескрипторы исследуемых полуфабрикатов профитролей на пшеничной и овсяной муке (рис. 2). Оценку качества разработанных полуфабрикатов производили методом бальной оценки.

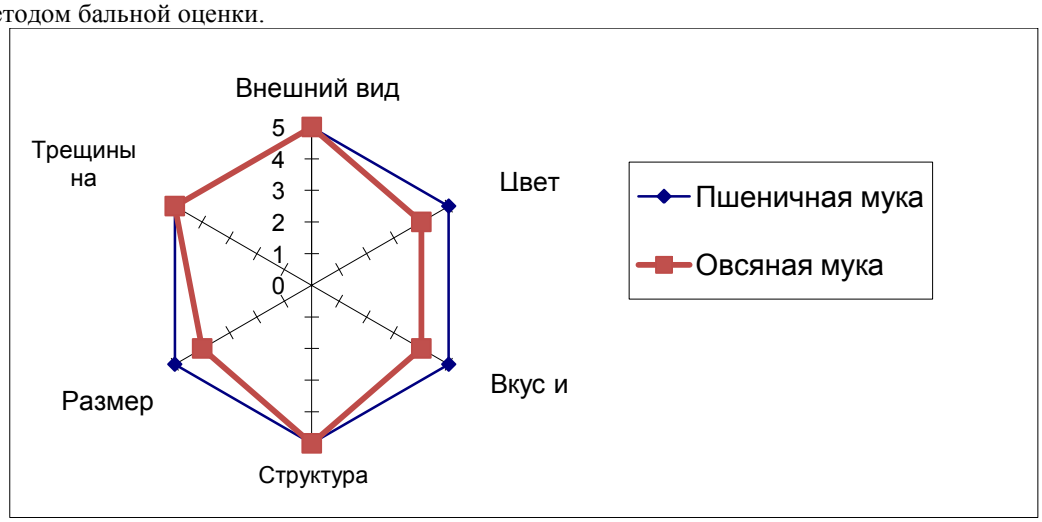



Рис. 2 – Органолептические профили полуфабриката профитролей

Как видно из рисунка, разработанные рецептуры профитролей имеют органолептические профили близкие к контролю: изделия имеют большой объём с выраженной полостью внутри, поверхность гладкая, с небольшими трещинами, цвет – жёлто-коричневый, вкус и запах – свойственный профитролям, и с точки зрения потребительских свойств необходимо отметить оригинальный вкус, цвет и запах профитролей на овсяной муке.

**Выводы**

1. Полученные данные по исследованию пластической деформации заварного теста показали, что возможна полная замена пшеничной муки на овсяную с сохранением структуры теста и качеством готовых изделий, поскольку структура заварного теста формируется в основном за счёт клейстеризованного крахмала и НПС муки.

2. Разработанный полуфабрикат овсяных профитролей на основе заварного теста отличается высоким содержанием пищевых волокон, в том числе β-глюканов и арабиноксиланов, микроэлементов, не содержат сахарозы и способствуют профилактике таких болезней современности как ожирение, диабет II типа, сердечно-сосудистые и некоторые онкологические заболевания. Овсяные профитроли могут быть рекомендованы в питании людей больных целиакией.

**Список литературы / References**

1. Похлёбкин В. В. Национальные кухни наших народов / В. В. Похлёбкин. – Москва : Центрполиграф, 2005. – 639 с.

2. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet / K. Poutanen // edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. – 2009. – P. 125-129.

3. Лоскутов И. Г. Овес (Avena L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность / И. Г. Лоскутов – СПб : ГНЦ РФ ВИР, 2007 – С. 254.

4. Wood P. J. Functional oat products / P. J. Wood, M. U. Beer // Book “Functional Foods”, biochemical and processing aspects, edited by G. Mazza, Technomic Publishing co. Inc., Lancaster, Basel. – 1998. – P. 1-39.

5. Daou Ch. Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases [Electronic resource] / Ch. Daou, H. Zhang // Reviews in Food Science and Food Safety. – URL: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2012.00189.x/full (accessed: 27.09.2017).

6. Гаврилюк И. П. Дифференциация сортов овса по реакции с иммуноглобулинами больных целиакией / И. П. Гаврилюк, Н. В. Алпатьева, И. Г. Лоскутов и др. // Гастроэнтерология – 2006. - № 1–2, С. М 30.

7. Гаврилюк И. П. Овёс в безглютеновом питании / И. П. Гаврилюк, Н. К. Губарева, И. Н. Перчук и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Т. 171. СПб.: ВИР – 2013. – С. 269-270.

8. Баталова Г. А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса / Г. А. Баталова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №2. – С. 64-69.

9. Moudry J. The quality of naked oat / J. Moudry // Cereals for human health and preventive nutrition. Session II. – 1998. – P. 91-95.

10. Структурометр СТ-2. Методика №5 работы на приборе. – Москва, 2011. – С. 3.

11. Popov V.S. Functional and technological properties of oat grain and a line of promising food products on its basis / V.S. Popov, N.V. Barsukova, S.S. Sergeyeva // Abstracts of oral and poster presentation. 10-th international oat conference: N. I. Vavilov institute of Plant Genetic Resources (VIR). – SPb: ООО «R-KOPI». – 2016. – P. 111-112.

12. Голунова Л. Е. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / Л. Е. Голунова. – СПб. : Профикс, 2002. – С. 298.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Pohljobkin V. V. Nacional'nye kuhni nashih narodov [The national cuisine of our people] / V. V. Pohljobkin. – Moskva : Centrpoligraf, 2005. – 639 p. [in Russian]

2. Poutanen K. Dietary fibre in a gluten-free diet / K. Poutanen // edited by E. K. Arendt and F. Dal Bello, AACC International Inc. – 2009. – P. 125-129.

3. Loskutov I. G. Oves (Avena L.). Rasprostranenie, sistematika, jevoljucija i selekcionnaja cennost' [Oats (Avena L.) Distribution, taxonomy, evolution and breeding value] / I. G. Loskutov – SPb : GNC RF VIR, 2007 – 336 p. [in Russian]

4. Wood P. J. Functional oat products / P. J. Wood, M. U. Beer // Book “Functional Foods”, biochemical and processing aspects, edited by G. Mazza, Technomic Publishing co. Inc., Lancaster, Basel. – 1998. – P. 1-39.

5. Daou Ch. Oat beta-glucan: its role in health promotion and prevention of diseases [Electronic resource] / Ch. Daou, H. Zhang // Reviews in Food Science and Food Safety. – URL: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2012.00189.x/full (accessed: 27.09.2017).

6. Gavriljuk I. P. Differenciacija sortov ovsa po reakcii s immunoglobulinami bol'nyh celiakiej [Differentiation of oat varieties with immunoglobulins reaction for patients with celiac disease] / I. P. Gavriljuk, N. V. Alpat'eva, I. G. Loskutov and others // Gastrojenterologija – 2006. - № 1–2, P. M 30. [in Russian]

7. Gavriljuk I. P. Ovjos v bezgljutenovom pitanii [The oat for glutenfree food] / I. P. Gavriljuk, N. K. Gubareva, I. N. Perchuk and others // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – T. 171. SPb.: VIR – 2013. – P. 269-270. [in Russian]

8. Batalova G. A. Perspektivy i rezul'taty selekcii golozernogo ovsa [Perspectives and results of naked oats breeding] / G. A. Batalova // Zernobobovye i krupjanye kul'tury. – 2014. – №2. – P. 64-69. [in Russian]

9. Moudry J. The quality of naked oat / J. Moudry // Cereals for human health and preventive nutrition. Session II. – 1998. – P. 91-95.

10. Strukturometr ST-2. Metodika №5 raboty na pribore [A method of working №5] – Moskva, 2011. – P. 3. [in Russian]

11. Popov V.S. Functional and technological properties of oat grain and a line of promising food products on its basis / V.S. Popov, N.V. Barsukova, S.S. Sergeyeva // Abstracts of oral and poster presentation. 10-th international oat conference: N. I. Vavilov institute of Plant Genetic Resources (VIR). – SPb: ООО «R-KOPI». – 2016. – C. 111-112.

12. Golunova L. E. Sbornik receptur bljud i kulinarnyh izdelij dlja predprijatij obshhestvennogo pitanija [A collection of recipes for dishes and culinary products for public catering establishments] / L. E. Golunova. – SPb. : Profiks, 2002. – P. 298. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.098**

**Самородов А.В.[1], Кашин Я.М.[2], Копелевич Л.Е.[3]**
[1]ORCID: 0000-0003-0465-6798, [1,2,3]кандидат технических наук,
Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар

# ЭЛЕКТОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

***Аннотация***

*В статье приводятся современные тенденции технологии преобразования возобновляемых источников энергии и перспективы их развития. Анализируются современные тенденции технических и технологических решений в области возобновляемой энергетики, в частности, в области ветроэнергетики и фотовольтаики. Делается вывод о том, что в данной сфере в последнее время не происходит серьезных технических и технологических изменений, что негативно сказывается на развитии возобновляемой энергетики. Для удешевления технологии преобразования возобновляемых источников энергии необходимо развивать альтернативные технические и технологические решения в данной области.*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, системы энергоснабжения, электромеханические преобразователи энергии, генерация электроэнергии.

**Samorodov A.V.[1], Kashin Ya.M.[2], Kopelevich L.E.[3]**
[1]ORCID: 0000-0003-0465-6798, [1,2,3]PhD in Engineering.
Kuban State Technological University, Krasnodar,

# ELECTROMECHANICAL TRANSDUCERS FOR ENERGY SYSTEMS ON THE BASIS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

***Abstract***

*In the article presents modern tendencies of technology of transformation of renewed energy sources and prospects of their development. Current trends in technical and technological solutions in the field of renewable energy, in particular in the field of wind power and photovoltaics, are analyzed. The conclusion is drawn that in the given sphere there have been no serious technical and technological changes lately that negatively affects the development of renewable energy. To reduce the cost of technology for converting renewable energy sources, it is necessary to develop alternative technical and technological solutions in this field.*

**Keywords**: renewable energy sources, energy supply systems, electromechanical energy converters, energy generation.

На сегодняшний день электроэнергетические системы с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) имеют ряд серьезных проблем, которые не позволяют им создавать конкуренцию традиционным системам, использующим в качестве источника энергии органическое ископаемое топливо.

Пик инвестиций в возобновляемую энергетику в мире пришелся на 2013 год. Затем произошел резкий обвал цен на нефть и, соответственно, экономическая привлекательность этой области упала. Так даже при высоких ценах на энергоносители инвестиционная привлекательность и экономическая окупаемость выглядела сомнительной, а в современных условиях они сводятся практически к нулю. Соответственно большинство частных компаний инвестиции в этом направлении либо прекратили полностью, либо значительно урезали.

С другой стороны, в мировом научном сообществе существует понимание (особенно в странах с отсутствием природных ресурсов), что такая ситуация не может продолжаться сколь угодно долго. Стоимость углеводородов в исторической перспективе будет только возрастать. В результате использование возобновляемой энергетики постепенно станет рентабельным.

В такой изменившейся экономической ситуации конкурентоспособными окажутся те страны, которые вкладывали в создание инновационные технологии опережающими темпами, а не постфактум. Так поступают многие промышленно развитые страны Европы, а также США.

Основной проблемой является высокая стоимость таких систем и, как результат, их низкая рентабельность. Так, например, стоимость системы электроснабжения жилого дома на базе солнечных батарей мощностью 3 кВт, на сегодняшний день составляет более 400 тыс. руб. Из них более половины – это стоимость силовой электроники: инверторов напряжения, систем управления, контроллеров и т.п., а остальное – это стоимость непосредственно фотоэлектрических преобразователей и аккумуляторов резервирования.

Цена фотоэлектрических преобразователей и аккумуляторов довольно высока и практически не снижается. Очевидно, что здесь не произойдет никаких изменений, если не изменится технология их производства. То есть не появятся фотоэлектрические преобразователи и аккумуляторы, созданные по более дешевой технологии.

Сегодня на рынке существует практически единственная технология преобразования солнечной и ветровой энергии: преобразование возобновляемой энергии в энергию постоянного тока, затем преобразование в переменный ток с помощью дорогостоящих инверторов с применением аккумуляторов в качестве резерва. Для того, чтобы меньше зависеть от одного источника и, соответственно уменьшить емкость аккумуляторных батарей целесообразно комбинировать два и более независимых друг от друга ВИЭ. При этом желательно, чтобы источники были взаимодополняющими друг друга. Парадокс в том, что система при этом еще более усложняется и удорожается.

В связи с этим возникла идея отказаться от электронных преобразователей со всеми их известными проблемами и заменить их на электромеханические. Так, например, можно использовать систему двигатель постоянного тока - генератор. ДПТ легко регулируется по частоте вращения, а в случае использования синхронного генератора отпадают проблемы параллельной работы с традиционной сетью электроснабжения. И стоимость такой системы сравнительно невысока.

На кафедре электротехники и электрических машин ФГБОУ ВПО КубГТУ для этих целей была предложен ряд конструкций двухмерных электрическим машин-генераторов (ДЭМГ), Данная машина представляет собой систему ДПТ-Г в одном корпусе [1], [8]. Предполагается, что работать такая машина будет в автономных системах электроснабжения удаленных объектов с использованием энергий ветра и Солнца [4].

Суть конструкции заключается в том, что ДЭМГ представляет собой совмещенную машину, в которую на вал подается механическая энергия от ветроагрегата, а также на одну из обмоток постоянный ток от солнечных фотоэлектрических преобразователей. В самом электромеханическом преобразователе происходит сложение на уровне магнитных полей энергии Солнца преобразованной в энергию постоянного тока и энергии ветра преобразованной в энергию переменного тока [5], [6], [7]. Таким образом появляется возможность избавиться от большинства компонентов силовой электроники.

Работа над различными конструкциями ветро-солнечных генераторов авторами ведется более 15 лет. Различные конструкции демонстрировались на международных выставках, где неизменно удостаивались внимания специалистов, а также медалей и дипломов на выставках в Европе и КНР.

Но создать электромеханический преобразователь мало, необходимо разработать принципы построения на его базе энергетической системы и алгоритмов ее работы [9].

Такая машина нуждается в системе стабилизации параметров производимой ей электроэнергии, что важно с точки зрения повышения уровня стабилизации величины и частоты выходного напряжения ДЭМ-Г при резких порывах ветра, изменениях солнечного излучения, или резких изменениях нагрузки [2], [3]. Следует заметить, что в системе нетрадиционной энергетики качество вырабатываемой электрической энергии несравнимо с качеством энергии в большой энергетике. Это просто невозможно, ибо без того дорогая возобновляемая энергия станет ещё дороже, если предусмотреть устройство по улучшению её качества.

Таким образом, авторы считают, что, избавившись от дорогостоящих систем силовой электроники и заменив схему преобразования энергии на электромеханическую, можно значительно удешевить систему и, соответственно повысить ее рентабельность [10].

Необходимо заметить, что для того чтобы какая-либо технология удешевлялась, должна существовать конкуренция. Конкуренция между технологиями и техническими решениями. На сегодняшний день в области ветроэнергетики и фотовольтаики такая конкуренция практически отсутствует. Используются одни и те же отработанные, но малоэффективные решения.

В настоящее время нет данных о том, что в мировом электромашиностроении разработаны электромеханические преобразователи энергии для использования в системах ВИЭ с возможностью преобразования в одной электрической машине энергию Солнца и кинетическую энергию ветра в электрическую энергию.

Таким образом, разработка многовходовых преобразователей энергии для энергоснабжения локальных объектов на сегодняшний день весьма актуальна, особенно, для регионов с жарким климатом большим количеством ветряных и сонечных дней в году, каковым является, например, Краснодарский край.

Создание многовходовых преобразователей энергии, позволяющих суммировать энергию солнца, ветра и источника тепла одновременно преобразовывать полученную суммарную энергию в электрическую позволит оптимизировать всю систему энергоснабжения локальных объектов на базе возобновляемых источников энергии, повысив энергетические и улучшить массо-габаритные и стоимостные показатели установок ВИЭ.

Исходя из анализа развития технологии преобразования возобновляемых источников энергии, можно сделать заключение о том, что рентабельность и эффективность нетрадиционной энергетики без появления новых технологических и технических решений будет оставаться все такой же низкой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края в рамках научного проекта №16-48-230500 «р_а».

**Список литературы / References**

1. Гайтов Б.Х. Разработка и основы теории двухмерных электрических машин для систем автономного электроснабжения / Б.Х. Гайтов, Т.Б. Гайтова, С.Р. Шарифуллин, и др. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1999. – № 4. – С. 16-21.

2. Гайтов Б.Х. Устойчивость специальных электрических машин для систем автономного питания в пищевой промышленности / Б.Х. Гайтов, А.В. Самородов, Н.Р. Голубев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2006. – № 6. – С. 101-102.

3. Гайтов Б.Х. Моделирование и расчет температурного поля специальных электрических машин для систем автономного электроснабжения / Б.Х. Гайтов, Л.Е. Копелевич, А.В. и др. // Изв. вузов. Электромеханика. – 2006. – № 5. – С. 24-27.

4. Самородов А.В. Разработка системы автономного электроснабжения на базе двухмерной электрической машины // дис. … канд. тех. наук : 05.09.03 : защищена 23.04.02 : утв. 12.07.02 / Самородов Александр Валерьевич. – Краснодар: КубГТУ., 2002. – 148 с..

5. Патент РФ № 2332775, 05.12.2006. Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Гайтова Т.Б. и др. Двухмерная электрическая машина-генератор // Патент России № 2332775. 2006.

6. Патент РФ № 2349016, 07.05.2007. Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Гайтова Т.Б. и др. Управляемая двухмерная электрическая машина // Патент России № 2349016. 2007.

7. Патент РФ № 2332774, 07.05.2007. Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Гайтова Т.Б. и др. Управляемая двухмерная электрическая машина // Патент России №2332774. 2007.

8. Ермак А.А. Перспективные источники для автономных систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии / А.А. Ермак, А.В. Самородов, и др. // Современные наукоемкие технологии. –2013. – № 8-1. – С. 39-41.

9. Gaitov B.Kh. The two-way generator for self-contained supple systems. construction and characteristics / B.Kh. Gaitov, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov and others // GLOBAL SCIENCE AND INNOVATION Materials of the V International Scientific Conference. Accent Graphics communications, Strategic Studies Institute, Article writers. – 2015. – С. 340-344.

10. Самородов А.В. Перспективные преобразователи для возобновляемой энергетики. / А.В. Самородов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 4-2 (23). – С. 59-60.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Gaytov B. Kh. Razrabotka i osnovy teorii dvukhmernykh elektricheskikh mashin dlya sistem avtonomnogo elektrosnabzheniya [Development and foundations of the theory of two-dimensional electric machines for systems of autonomous power supply] / B. Kh. Gaytov, T.Б. Gaitova, S.R. Sharifullin and others // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika [News of higher educational institutions. Electromechanics]. – 1999. – №4. – p. 16–21. [in Russian]

2. Gaytov B. Kh. Ustoychivost' spetsial'nykh elektricheskikh mashin dlya sistem avtonomnogo pitaniya v pishchevoy promyshlennosti [Stability of special electric machines for self-contained food systems in the food industry] / B. Kh. Gaytov, A.V. Samorodov, N.R. Golubev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya [News of higher educational institutions. Food technology]. – 2006. – № 6 – p. 101–102. [in Russian]

3. Gaytov B. Kh. Modelirovaniye i raschet temperaturnogo polya spetsial'nykh elektricheskikh mashin dlya sistem avtonomnogo elektrosnabzheniya [Modeling and calculation of the temperature field of special electric machines for autonomous power supply systems] / B. Kh. Gaytov, L.E. Kopelevich and others // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika [News of higher educational institutions. Electromechanics]. – 2006. – №5. – p. 24–27. [in Russian]

4. Samorodov A.V. Razrabotka sistemy avtonomnogo elektrosnabzheniya na baze dvukhmernoy elektricheskoy mashiny [Development of an autonomous power supply system based on a two-dimensional electric machine] // dis. … of PhD in Engineering : 05.09.03 : defense of the thesis 1.04.05 : approved 12.07.02 / Samorodov Alexander Valerievich. – Krasnodar: KubGTU, 2002. – 148 p. [in Russian]

5. Patent RUS 2332775 Dvukhmernaya elektricheskaya mashina-generator [wo-dimensional electric machine-generator] / B.KH. Gaytov, A.V. Samorodov, Gaytova T.B. and others// Patent RUS [patent for invention] № 2332775 –2006. [in Russian]

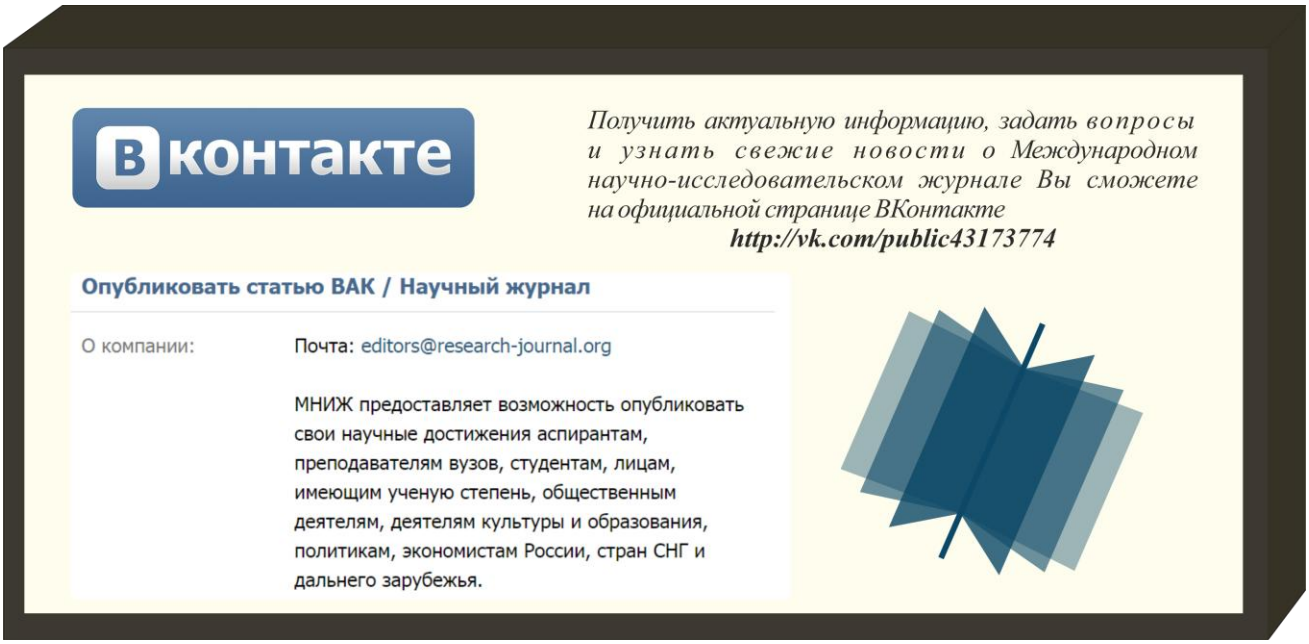
6. Patent RUS 2349016 Upravlyayemaya dvukhmernaya elektricheskaya mashina [Controlled two-dimensional electric machine] / B.KH. Gaytov, A.V. Samorodov, T.B. Gaytova and others // Patent RUS [patent for invention] № 2349016. – 2007. [in Russian]

7. Patent RUS 2332774 Upravlyayemaya dvukhmernaya elektricheskaya mashina [Controlled two-dimensional electric machine] / B.KH. Gaytov, A.V. Samorodov, T.B. Gaytova and others // Patent RUS [patent for invention] № 2332774. – 2007. [in Russian]

8. Yermak A.A. Perspektivnyye istochniki dlya avtonomnykh sistem elektrosnabzheniya na baze vozobnovlyayemykh istochnikov energii [Prospective sources for autonomous power systems based on renewable energy sources] / A.A. Yermak, A.V. Samorodov, M.L. Kopelevich // Sovremennyye naukoyemkiye tekhnologii [Modern high technology]. – 2013. – № 8-1. – p. 39-41. [in Russian]

9. Gaitov B.Kh. The two-way generator for self-contained supple systems. construction and characteristics / B.Kh. Gaitov, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov, Ya.M. Kashin // GLOBAL SCIENCE AND INNOVATION Materials of the V International Scientific Conference. Accent Graphics communications, Strategic Studies Institute, Article writers. – 2015. – p. 340-344. [in Russian]

10. Samorodov A.V. Perspektivnyye preobrazovateli dlya vozobnovlyayemoy energetiki [Perspective converters for renewable energy] / A.V. Samorodov // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. – 2014. – № 4-2 (23). – p. 59-60. [in Russian]



**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.086**

**Снопок Д. Н.[1], Тимохов Р. С.[2], Тимохова О. М.[3]**
[1]кандидат технических наук, [2]ассистент, [3]кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта

# ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ КУСТОРЕЗНОЙ ТЕХНИКИ

***Аннотация***

*В статье рассмотрена кусторезная техника для подготовительных работ. Кусторезы классифицируются: по принципу действия рабочего органа на пассивные и активные; по способу агрегатирования (передвижения) на прицепные и навесные; по типу управления рабочим органом на канатные и гидравлические. Также в статье рассмотрены достоинства и недостатки кусторезной техники. Установлено, что кусторезы с активным рабочим органом менее энергоемки и значит более экономичны при эксплуатации. Вместе с тем кусторезы с активным рабочим органом не могут срезать высокий и толстый кустарник ввиду своих конструктивных особенностей.*

**Ключевые слова:** кусторез, навесное оборудование, кусторезная головка, фреза, ножи, сила резания.

**Snopok D.N.[1], Timokhov R. S.[2], Timokhova O. M.[3]**
[1]PhD in Engineering, [2]assistant, [3]PhD in Engineering,
FGBOU VO "Ukhta State Technical University", Ukhta

# PREPARATORY WORKS INVOLVING BRUSH CUTTER MACHINERY

***Abstract***

*The article studies brush cutter machinery used for preparatory works. Brush cutters are classified into passive and active according to the principle of the action of their working body; into trailer and hinged by the method of aggregation (movement); into cable and hydraulic by the type of control of the working body. The article also discusses the advantages and disadvantages of brush cutter machinery. It is established that brush cutters with an active working element are less energy-intensive and therefore more economical in operation. At the same time, brush cutters with an active working body cannot cut tall and thick shrubs due to their design features.*

**Key words:** brush cutter, attachments, brush head, milling cutter, knives, cutting force.

Подготовительные работы предшествуют основным земляным работам при возведении полотна железных и автомобильных дорог, строительстве каналов и других транспортных сооружений.

Наиболее трудоемкими из них являются очистка территории строительства от леса, кустарника и крупных камней, а также рыхление тяжелых и каменистых грунтов, непосредственная разработка которых землеройными машинами нерациональна.

Трассы различного назначения для линий электропередач, газопроводов, нефтепроводов, а также охранные полосы автомобильных и железных дорог со временем интенсивно зарастают кустарниками. Для безопасного их использования необходимо постоянно проводить очистку этих участков от кустарника [2, С. 31-45], [5, С. 50-55].

Аналогичные задачи ставятся в лесохозяйственной деятельности человека для рубок ухода и прореживания лесных массивов.

К дорожным кусторезным машинам предъявляется ряд требований [7, С. 41-48], [10, С. 128-147], в частности:

– обеспечение возможности очистки неровных участков поверхности , как естественных, так и искусственных;
– обеспечение возможности удаления кустарника в непосредственной близости от искусственных сооружений;
– способность удалять кустарники значительных размеров, вплоть до одиночных деревьев;
– иметь высокую производительность;
– иметь хорошую проходимость;
– способность очистки откосов и кюветов, автомобильных дорог.

Ни одна из существующих конструкций кусторезов не отвечает в полной мере решению этих задач, поэтому разрабатываются различные модификации с учетом основных требований к ним.

Таким образом, целью приведенных исследований является изучение вопроса эффективности работы кусторезной техники во время процесса срезания.

По способу воздействия на кустарник все дорожные машины можно разделить на машины с пассивными и активными рабочими органами.

Пассивный кусторез представляет навесное оборудование к трактору (рис. 1). Некоторые характеристики кустореза с пассивным рабочим органом представлены в таблице 1.

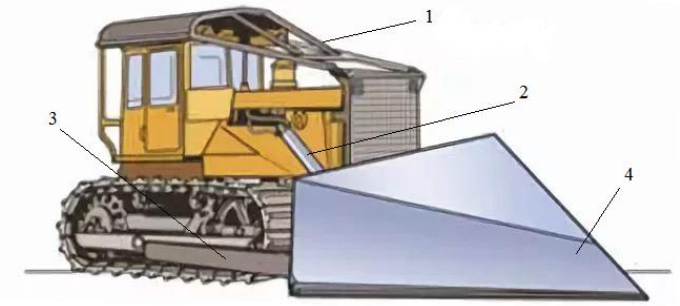



Рис. 1 – Кусторез с пассивным рабочим органом
1 – ограждение; 2 – гидроцилиндр подъема рабочего органа; 3 – универсальная рама; 4 – отвал.

Срезание кустарника и деревьев производится ножами, прикрепленными болтами к нижним кромкам рамы и расположенными между собой под углом 64º. Отвал имеет А – образную форму, опускание и подъем осуществляется двумя гидроцилиндрами, перекос отвала для неровных поверхностей конструкцией не предусмотрен.

Таблица 1 – Некоторые характеристики пассивного кусторeза

| | |
|---|---|
| Базовый трактор | Т-10М |
| Ширина захвата, м | 3,6 |
| Угол установки ножей в плане, град | 62 |
| Средняя производительность, га/см | до 6 |
| Рабочая скорость, км/час | 3,17–3,77 |
| Масса навесного оборудования, кг | 3000 |

Достоинства рассмотренных кусторезов: большая ширина захвата; возможность использования базовых тракторов без ходоуменьшителей с рабочими скоростями около 1 м/с.

Недостатки: зачастую кусты не срезаются, а сминаются и произрастают вновь; число проходов по одному месту составляет 1…3; отсутствует угол перекоса отвала для обработки неровных участков.

Более прогрессивными являются кусторезные машины активного действия. Их можно разделить на две группы: кусторезы с рабочим органом в виде плоских или круглых пил (или фрез) и машины с головками ударно-режущего действия (измельчители) [1, С. 72-89].

Положительные результаты показали испытания машин с навесным оборудованием с вращающимся в горизонтальной плоскости режущим инструментом. Этот инструмент может быть в виде дисковых пил с прикрепленными к наружной поверхности режущими пластинами или в виде дисковых фрез (рис. 2).

Рис. 2 – Кусторез НО-82

Крутящий момент от гидромотора через одноступенчатый редуктор и вертикальный вал, передается на фрезу, осуществляющую разрушение и срезание стволов кустарников. Зубья фрезы выполняются с цилиндрическим телом для запрессовки в глухие отверстия по ободу фрезы и с дополнительным креплением заклепками. Изготовлены из стали 45 с закалкой режущей части ТВЧ. Некоторые характеристики фрезерной кусторезной головки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика фрезерной головки

| | |
|---|---|
| | 900 |
| Ширина по ободу, мм | 32 |
| Число оборотов, рад/с | 60 |
| Диаметр фрезы, мм | 40 |
| Передаточное число редуктора | 2 |
| Максимальный диаметр спиливаемого одиночного дерева, мм | 250 |

Мощность гидромотора N рассчитывается для условий срезания дерева диаметром 250мм [6, С. 5-12]:

$$N = \frac{W_M \cdot n_н}{974 \cdot \eta \cdot A \cdot t_p} \quad (1)$$

где$W_M$ – работа гидромотора, Дж; $n_H$ – номинальная частота вращения фрезы, об/мин; $\eta$ – КПД привода, 95 %; $A$ – коэффициент перевода крутящего момента двигателя в работу, 134; $t_p$ – время среза, 4 с.

Работа, совершаемая гидромотором:

$$W_M = \frac{K\pi d_{дер}^2 b}{4} - \frac{0{,}64 D^2 \omega_i^2}{16}, \quad (2)$$

где $K$ – удельная работа резания, Дж/см$^3$; $d_{дер}$ – диаметр дерева, см; $b$ – ширина пропила, см; $D$ – диаметр фрезы, м; $\omega_i$ – уголовная скорость фрезы, рад/с.

Рассчитанная по выражениям 1, 2 потребная мощность составляет 24 кВт. Этому условию отвечает гидромотор 210.20.13.20В, ТУ 22-34444-75.

Фрезерные кусторезные головки, установленные на манипуляторной машине (например, МТЗ 1221, К-78М), обеспечивают возможности маневрирования, работы около различных сооружений, удаления переросшего кустарника. Их установка также возможна на дорожные машины фронтального типа.

Третьей разновидностью кусторезных головок являются конструкции ударно-режущего действия. Принцип ее устройства следующий: на корпусе головки монтируется приводной гидромотор, приводящий во вращение вертикальный вал с закрепленным на нем горизонтальным диском (ротором); ближе к краю ротора на шарнирах установлены плоские разрушающие стволы кустарников ножи; все элементы головки смонтированы в корпусе. Разрушение стволов кустарника осуществляется кинетической энергией и силами инерции разрушающей системы. Характеристики головки, возможно монтируемой на манипуляторных машинах или непосредственно на рамах тракторов (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристики кусторезной головки

| Характеристика | Показатель |
|---|---|
| Ширина захвата, мм | 1200 |
| Высота оставленных пеньков, мм | до 300 |
| Максимальные диаметры стволов, мм | 100 |

Для определения максимальных диаметров разрушаемых стволов сопоставлены работы на разрушения А и возможная энергия Е со стороны ножей.

$A = Ph = Кbh,$

где $K$ – удельная сила резания, кН/м; $h$ – длина участка резания, м.

Значение удельной силы резания можно определить по графикам, полученным в ЦНИИМЭ и представленным на рис. 3.

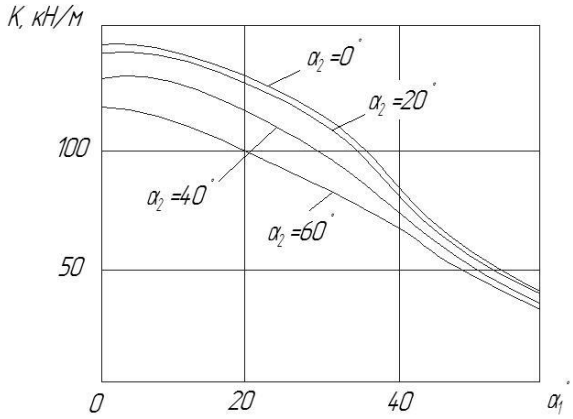



Рис. 3 – Графики удельной силы резания к при рубке острыми ножами сухой сосны в зависимости от углов $\alpha_1$ и $\alpha_2$:; $\alpha_1$ – угол наклона ствола по направлению движения; $\alpha_2$ – угол наклона ствола в поперечном направлении.

Энергию разрушающей системы $E$ можно рассматривать как сумму кинетической энергии $E_к$ и энергии инерционных сил $E_c$ [8, С. 22-34].

$$E = E_к + E_c = \frac{mv^2}{2} + \frac{ml^2}{12} \cdot \frac{\omega^2}{2}, \quad (4)$$

где: $m$ – масса ножа, кг; $v$ – линейная скорость режущей части ножа, м/с; $l$ – длина ножа, м; $\omega$ – угловая скорость вращения ножа, рад/с.

Расчеты показали, что при $m$ = 1,5 кг и 1000 об/мин ротора энергии достаточно для разрушения одного куста диаметром 100 мм. Если в головку одновременно попадет более одного куста, то работа срезающей системы становится не эффективной.

Повысить эффективность работы разрушения можно созданием в стволе напряженного состояния его подгибанием по направлению движения на угол $\alpha_1$ и в поперечном направлении на угол $\alpha_2$ (рис. 3). Энергию системы можно увеличить повышением оборотов ротора.

Таким образом, с учетом условий работы, характеристикой и состоянием срезаемых кустов, требований к производительности возможно рациональное применение различных конструкций навесных кусторезных устройств.

**Список литературы / References**

1. Мурашев В. П. Роботы и манипуляторы в лесном комплексе учебник / В. П. Мурашев. – Москва: Машиностроение, 2008. – 235 с.

2. Анисимов Г. М. Лесные машины (тракторы, автомобили, тепловозы): учебник для ВУЗов / под общей ред. Г. М. Анисимова. – Москва: Лесная промышленность, 2011. – 507 с.

3. Котиков В. М. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли (колесные и гусеничные лесные машины): учебник / под ред. В. М. Котикова. – 2-е изд. – Москва: МГУЛ, 2007. – 353 с.

4. Горбачевский В. А. Автомобили на вывозке леса. Проблема механизации лесозаготовок: учебное пособие / В. А. Горбачевский. – Москва: Гослесбумиздат, 2007. – 156 с.

5. Шегельман И. Р. Техническое оснащение современных лесозаготовок: учебное пособие / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. И. Галактионов. – Санкт-Петербург: Проф-информ, 2005. – 336 с.

6. Пындак В. И. Повышение эффективности гидропривода машин с.-х. назначения: учебное пособие / В. И. Пындак. – Волгоград: ВСХИ, 2008. – 28 с.

7. Ричардсон Р. Возможности финской уборочной техники в Канаде: Научные доклады / Р. Ричардсон, Д. Алломаки – Хельсинки: Финский исследовательский институт леса, 1992. – С. 41-48.

8. Александров В. А. Основы проектирования лесозаготовительных машин и оборудования: учебное пособие под грифом Минобрнауки РФ / В. А. Александров, Я. И. Шестаков, И. Н. Багаутдинов, Н. Р. Шоль. – Ухта: УГТУ, 2007. – 298 с.

9. Иванов А. С. Организация обеспечения работоспособности подвижного состава автотранспортного предприятия [Текст]: учебное пособие / А.С. Иванов. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2001. – 166 с.

10. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины: учебник / М. П. Александров. – М.: Высшая школа, 1985. – 504 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Murashev V. P. Roboty i manipuljatory v lesnom komplekse: uchebnik [Robots and manipulators in the forestry sector] / V. P. Murashev. – Moskva: Mashinostroenie, 2008. – 235 p. [in Russian]

2. Anisimov G. M. Lesnye mashiny (traktory, avtomobili, teplovozy): uchebnik dlja VUZov [Forestry machines (tractors, cars, locomotives)] / edited by G. M. Anisimova. – Moskva: Lesnaja promyshlennost', 2011. – 507 p. [in Russian]

3. Kotikov V. M. Teorija i konstrukcija mashin i oborudovanija otrasli (kolesnye i gusenichnye lesnye mashiny): uchebnik [Theory and design of the machinery and equipment industry (wheeled and tracked forest machines)] / edited by V. M. Kotikova. – 2nd edition. – Moskva: MGUL, 2007. – 353 p. [in Russian]

4. Gorbachevskij V. A. Avtomobili na vyvozke lesa. Problema mehanizacii lesozagotovok: uchebnoe posobie [Vehicles for transporting forest. The problem is mehanzali logging] / V. A. Gorbachevskij. – Moskva: Goslesbumizdat, 2007. – 156 p. [in Russian]

5. Shegel'man I. R. Tehnicheskoe osnashhenie sovremennyh lesozagotovok: uchebnoe posobie [Technical equipment of modern logging] / I. R. Shegel'man I. R., V. I. Skrypnik, O. I. Galaktionov. – Sankt-Peterburg: Prof-inform, 2005. – 336 p. [in Russian]

6. Pyndak V. I. Povyshenie jeffektivnosti gidroprivoda mashin s.-h. naznachenija: uchebnoe posobie [Increase of efficiency of hydraulic machines. C. destination] / V. I. Pyndak. – Volgograd: VSHI, 2008. – 28 p. [in Russian]

7. Richardson R. Vozmozhnosti finskoj uborochnoj tehniki v Kanade: Nauchnye doklady [Finnish harvesting machinery in Canada] / R. Richardson, D. Allomaki – Hel'sinki: Finskij issledovatel'skij institut lesa, 1992. – C. 41-48. [in Russian]

8. Aleksandrov V. A. Osnovy proektirovanija lesozagotovitel'nyh mashin i oborudovanija: uchebnoe posobie pod grifom Minobrnauki RF [The Basis of design of forest machines and equipment] / V. A. Aleksandrov, Ja. I. Shestakov, I. N. Bagautdinov, N. R. Shol'. – Uhta: UGTU, 2007. – 298 p. [in Russian]

9. Ivanov A. S. Organizacija obespechenija rabotosposobnosti po-dvizhnogo sostava avtotransportnogo predprijatija: uchebnoe posobie [The organization ensure the efficiency of the rolling stock of the motor transportation enterprise] / A. S. Ivanov. – Penza: RIO PGSHA, 2001. – 166 p. [in Russian]

10. Aleksandrov M. P. Pod#jomno-transportnye mashiny: uchebnik [Lifting-transport machines] / M. P. Aleksandrov. – M.: Vysshaja shkola, 1985. – 504 p. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.102**

**Фомина А.В.[1], Юн Д.Х.[2]**

[1,2]Студент,

Дальневосточный Федеральный университет, кафедра Гидротехники, теории зданий и сооружений, г. Владивосток

## АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЛОМКОВ ЛЬДА С СООРУЖЕНИЯМИ ПРИБРЕЖНОГО ШЕЛЬФА

***Аннотация***

*В статье кратко рассматриваются процессы образования торосов, возникновения давления в паковых льдах и их взаимодействия с прибрежными платформами. Целью данной работы является исследование моделей вероятных условий формирования торосов в зависимости от толщины и ширины льда. Представлены три основных случая взаимодействия ледяного покрова (навала) с грядообразованием. Проанализированы возможные методы борьбы с образованиями накоплений льда для данных ситуационных моделей. Одной из задач при проектировании сооружения для арктического шельфа является совершенствование методологии определения ледовых нагрузок на морские платформы. Грядообразование может стать причиной дополнительного давления на сооружения и требует тщательного изучения и анализа.*

**Ключевые слова:** Шельфовое сооружение, лед, устойчивость, безопасность.

**Fomina A.V.[1], Yun D.X.[2]**

[1,2]Student

Far Eastern Federal University, Department of hydrotechnics, theory of buildings and structures, Vladivostok

## ANALYSIS OF THE INTERACTION OF ICE FRAGMENTS WITH THE CONSTRUCTION OF COASTAL SHELF

***Abstract***

*The article briefly discusses the formation of hummocks, the appearance of pressure in pack ice and their interaction with coastal platforms. The aim of this work is to study models of possible conditions for the formation of hummocks depending on the thickness and width of ice. Three main cases of interaction of the ice cover (bulk) with ridge formation are presented. Possible methods of combating ice accumulation formations for these situational models are analyzed. One of the tasks in*

*designing a construction for the Arctic shelf is to improve the methodology for determining ice loads on offshore platforms. Ridging can cause additional pressure on structures and requires careful study and analysis.*

**Keywords**: Shelf construction, ice, stability, safety.

В последние годы освоение территорий Крайнего Севера является важной задачей России, что требует проведения большого объема научных исследований. Огромные запасы полезных ископаемых, в частности, запасов нефти и газа, открытые в морской зоне данного региона, требуют разработки ледостойких шельфовых платформ. Имеющийся опыт и разработки зарубежных компаний не всегда возможно использовать в качестве прототипа, так как сооружения для эксплуатации должны быть спроектированы с учетом конкретных климатических условий, характерных для арктической шельфовой зоны. Одной из комплексных задач, имеющей большое практическое значение, является совершенствование методологии определения ледовых нагрузок на морские платформы. Морские ледостойкие платформы должны соответствовать ряду требований по безопасности эксплуатации. На стадии проектирования данный вопрос не может быть решен, так как необходимо знать ледовою нагрузку при взаимодействии с ледовыми образованиями (стамухи, торосы). Существующая нормативная документация, включающая в себя методы определения общих ледовых нагрузок, не позволяет выполнить расчеты с достаточной точностью. Требования точности расчетов обеспечивают безопасность эксплуатации и экономическую целесообразность.

Под ледовой нагрузкой понимается максимальная горизонтальная сила, действующая на платформу со стороны дрейфующего льда. Необходимо учитывать нагрузки от ветра, волн, течений, которые в сумме с ледовой нагрузкой не превышают величину, необходимую для сдвига платформы, что может привести к повреждению бурового оборудования.

Напряжение и давление в толщах дрейфующего льда создает прибрежный навал льда (торосов). Кроме того, наблюдения за береговыми линиями, стамухами и широкими структурами, показывают, что лед чаще всего образуется вне плоскости. Процесс нагромождения обломков льда друг на друга называется грядообразованием. На рис. 1 показано грядообразование вокруг нефтяной шельфовой платформы Моликпак [1, С. 280], [9, С. 31]

Рис. 1 – Грядообразование вблизи морской платформы Моликпак о. Сахалин.

По взаимодействию ледяного покрова (навала) с грядообразованием можно разделить на три основных случая [2, С 189]:

Взаимодействие льда с грядой торосов. В данном случае происходит нагромождение обломков льда на верхнюю часть ледникового покрова. Нарастающий лед увеличивает высоту паруса торосов, что повышает его устойчивость. Этот случай может быть достаточно эффективно смоделирован с использованием существующих алгоритмов для ледовых нагрузок на наклонные структуры. Используемый алгоритм был первоначально разработан в 1980 году, чтобы объяснить срыв ледяного покрова. Позднее он был доработан в 1994 году для анализа образования ледяного покрова на склоне. Первоначально алгоритм был разработан как 2D-модель (с 3D-коррекцией на изгиб) [2, с. 190].

Взаимодействие льда с грядообразованием и нарастанием в нижней части. Данный процесс не так легко наблюдать и фиксировать, так как он проходит под водой. Этот случай анализируется с алгоритмом как в первом случае, но с одним изменением. Это изменение объясняется тем, что все силы тяжести являются силами плавучести. Основной причиной повышения нагрузки является увеличение глубины киля.

Взаимодействие льда с грядой торосов, ведущие к срыву.

Используется очень упрощенный подход, основанный на сбоях фундамента в почвенной механике. В почвенной механике разрушения оснований используется величина K (число, основанное на длине плоскости отказа) в диапазоне 5-9 в зависимости от формы и глубины проникновения. Эти значения также совместимы с теорией пластичности. В простых расчетах используют базовый случай с величиной K равной 9. Предполагается, что опорная зона основана на блоке, перпендикулярном встречному льду, длина которого в два раза превышает толщину льда. Это существенно удваивает линейную нагрузку для заданной толщины льда [2, С. 192].

Для того, чтобы объединить вышеупомянутые случаи для гряды торосов, сначала необходимо разработать систему, учитывающую корреляцию между толщиной льда, высотой паруса и глубиной киля. По мнению различных исследователей, чем толще лед, тем больше гребни парусов и килей. Были предложены различные механизмы для ограничения размера торосов на основе исходной толщины льда. Поскольку анализы для каждого случая являются 2-мерными, линейные нагрузки для каждого случая не будут изменяться в зависимости от ширины, если все остальные параметры различаются [3, С. 22]. В естественных условиях образование одинаковых по ширине высоты парусности и

глубины киля маловероятно. Корреляции для этих параметров, основанные на полевых измерениях, будут иметь тенденцию к верхней границе (потому что полевые измерения часто проводятся с самыми высокими парусами и самыми глубокими килями). Поэтому предполагается, что в природе, вероятно, будет уменьшено усилие для формирования гребня, поскольку средняя высота паруса и глубина киля уменьшатся с шириной. Будущая работа с таким подходом позволит количественно оценить такой эффект. Отмечается, что для использования средней линейной нагрузки предполагается равное распределение трех случаев взаимодействия, рассмотренных ранее [4, С. 147].

**Методы борьбы с ледообразованием вблизи шельфовой платформы**

До сих пор применение модели состояло в том, чтобы применить механизмы трения к нагрузкам на линии гребня. Основное отличие от плавучего гребня торосов заключается в том, что навал льда округляется либо на склоне сооружения, либо на морском дне перед ним. Это означает, что высота «паруса» может быть значительно выше, чем для плавающего гребня торосов [5, С. 140] [8 С. 145].

Наблюдения и измерения также показывают, что средняя максимальная высота торосов уменьшается с площадью обвалки (или ширины). Например, при ширине 200 м средняя максимальная высота обломков составляет около 6 м. В этом случае процесс ледообразования контролируется с помощью 1 типа взаимодействия льда [6, с 44], [7, с. 28].

Преимущество использования методов, разработанных для взаимодействия льда на наклонных сооружениях, состоит в том, что они были проверены и откалиброваны в отношении измерений на полномасштабных шельфовых платформах в различных регионах мира. Методы также основаны на простой инженерной физике разлома льда. Для применения, связанного с взаимодействием навала льда и передней части шельфовой платформы, эффект ширины моделировался путем увеличения сил трения с увеличением высоты нароста дрейфующего льда и можно сделать вывод, что средняя максимальная высота обледенения действительно уменьшается с шириной навала льда. Комплексный подход в модели представляет собой применения трех режимов взаимодействия: в верхней части; нижней и "обвал". Если количество режимов ограничено, эти зоны дробления не окажут существенного влияния на средние нагрузки на торосы большой ширины, но могут сузить ее и толщину льда. Однако следует отметить, что нагрузка на измельчение льда для ширины 25 м эквивалентна давлению льда 0,5 МПа, что составляет около 50% от давления дробления. Разрушение является вероятным только тогда, когда обледенение успевает закрепиться (то есть замерзнуть на ледовой линии) [10, С. 26], [11, С. 139].

В шельфовой зоне Арктического побережья России применяют комплексный подход для борьбы с грядой торосов. Это комплекс включает в себя три режима воздействия: в верхней части; нижней и "обвал". Проблема нарастания торосов при шельфовых платформах Арктического побережья является острой, так как может привести к масштабным убыткам и требует особое внимание и комплексный подход из нескольких методов.

**Список литературы / References**

1. Эйзенберг М., Кауцман В. Структура и свойства воды. / Эйзенберг М., Кауцман В. // Гидрометеоиздат, – 2013. – С. 280.
2. Афанасьев В.П. Исследование нагрузок на отдельно стоящую опору с вертикальными стенками от воздействия движущегося ледяного поля. Борьба с ледовыми затруднениями при эксплуатации гидротехнических сооружений. / Афанасьев В.П. // Л.:Энергия, 1973, – с.189-198.
3. Зубакин Г.К. Ледяные образования морей Западной Арктики. / Зубакин Г.К. // СПб. : Типография ААНИИ, – 2006. – С. 22-40.
4. Мишель Б. Критерий гидродинамической устойчивости фронтальной кромки ледяного покрова /Б. Мишель //Материалы V Международного Конгресса МАГИ, т.6, Л. :– 1965, – С.147-149.
5. Пехович А. И. Основы гидроледотермики. / Пехович А. И. //Л. :Энергоатомиздат, – 1983. – С. 140.
6. Трегуб Г.А. Расчетный метод определения начальной толщины льда на водохранилищах. Ледотермика и ледотехника. / Трегуб Г.А. // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. –1994. – с.44-47.
7. Чижов А. Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины. / Чижов А. Н. // Л.: Гидрометеоиздат, – 1990, – с. 28.
8. Коржавин К.Н. Воздействие льда на инженерные сооружения / Коржавин К.Н. // Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, – 1962. – С. 145.
9. Michel B. Ice accumulation at freeze-up or break up. / Michel B. //Proc. IAHR Symp. On Ice Problems, Lulea, – 1978, Part 2, – p.31-37.
10. Hamilton J. M., Holub C., Mitchell D. A., Kokkinis T. Ice Management for Support of Arctic Floating Operations / Hamilton J. M. // OTC-22105, – 2011, p. 26-32.
11. Jones, K.F., Andreas, E.L., Sea spray concentrations and the icing of fixed offshore structures. /Jones, K.F., Andreas, E.L. // Q. J. R. Meteorol., – 2012, p. 139-143.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Eisenberg M., Kautsman V. Struktura i svojstva vody. [Structure and properties of water]. / Eisenberg M., Kautsman V. // Gidrometeoizdat, – 2013. – P. 280. [in Russian]
2. Afanasyev V.P. Issledovanie nagruzok na otdel'no stoyashchuyu oporu s vertikal'nymi stenkami ot vozdejstviya dvizhushchegosya ledyanogo polya. Bor'ba s ledovymi zatrudneniyami pri ehkspluatacii gidrotekhnicheskih sooruzhenij [Investigation of loads on a stand-alone support with vertical walls from the impact of a moving ice field. Combating ice difficulties in the operation of hydraulic structures]/ Afanasyev V.P. // L.: Energia, – 1973, – p.189-198. [in Russian]
3. Zubakin G.K. Ledyanye obrazovaniya morej Zapadnoj Arktiki [Icy formations of the seas of the Western Arctic]. / Zubakin G.K. // St. Petersburg: AANI Printing House, – 2006. – p. 22-40. [in Russian]
4. Michel B. Kriterij gidrodinamicheskoj ustojchivosti frontal'noj kromki ledyanogo pokrova //Materialy V Mezhdunarodnogo Kongressa MAGI [Criterion of hydrodynamic stability of the frontal edge of the ice cover] / Michel B. // – 1965, – p.147-149. [in Russian]

5. Pekhovich A. I. Osnovy gidroledotermiki [Fundamentals of hydrodewater]. / Pekhovich A. I. // L .: Energoatomizdat, – 1983. – p. 140. [in Russian]

6. Tregub G.A. Raschetnyj metod opredeleniya nachal'noj tolshchiny l'da na vodohranilishchah. Ledotermika i ledotekhnika. [Calculation method for determining the initial thickness of ice in reservoirs. Ledotermika and ice-engineering] / Tregub G.A. // – Proceedings of VEIIG named B.E. Vedeneeva. – 1994. – p. 44-47. [in Russian]

7. Chizhov A.N. Formirovanie ledyanogo pokrova i prostranstvennoe raspredelenie ego tolshchiny. [Formation of the ice cover and the spatial distribution of its thickness] / Chizhov A.N. // – L.: Gidrometeoizdat, – 1990, – p.28. [in Russian]

8. Korzhavin K.N. Vozdejstvie l'da na inzhenernye sooruzheniya [Influence of ice on engineering structures] / Korzhavin K.N. // – Novosibirsk: Izd-vo SA AN SSSR, – 1962. – p. 140. [in Russian]

9. Michel B. Accumulation of ice during freezing or decay. / Michel B. // Proc. IAHR Symp. On Ice Problems, Lulea, – 1978, Part 2, – p. 31-37.

10. Hamilton J. M., Holub C., Mitchell D. A., Kokkinis T. Ice Management for Support of Arctic Floating Operations / Hamilton J. M. // OTC-22105, – 2011, p. 26-32.

11. Jones, K.F., Andreas, E.L., 2012. Sea spray concentrations and the icing of fixed offshore structures. / Jones, K.F. // Q. J. R. Meteorol. p. 139-143.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.075**

**Халимов Р.Ш.[1],Аюгин Н.П.[2], Татаров Л.Г.[3], Кундротас К.Р.[4]**

[1]ORCID: 0000-0003-1751-7754, кандидат технических наук,
[2]ORCID: 0000-0001-5151-9097, кандидат технических наук,
[3]ORCID: 0000-0001-4327-3518, кандидат технических наук,
[4]ORCID: 0000-0002-7041-4028
Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ

***Аннотация***

*В статье рассматриваются факторы, влияющие на снижение энергоемкости измельчения кормов. Приведена уникальная методика определения удельной работы резания на разработанной лабораторной установке. Описана конструкция лабораторной установки и принцип ее работы. По результатам исследований получено уравнение регрессии, отражающее влияние основных конструктивных параметров ножа измельчителя на удельную работу резания. Исследован метод повышения долговечности ножей применением электромеханической обработки.*

**Ключевые слова:** нож, початки, кукуруза, измельчение, электромеханическая обработка, упрочнение, износостойкость

**Khalimov R.Sh.[1], Ayugin N.P.[2], Tatarov L.G.[3], Kundrotas K.R.[4]**

[1]ORCID: 0000-0003-1751-7754, PhD in Engineering,
[2]ORCID: 0000-0001-5151-9097, PhD in Engineering,
[3]ORCID: 0000-0001-4327-3518, PhD in Engineering,
[4]ORCID: 0000-0002-7041-4028
Ulyanovsk State Agricultural University. P.A. Stolypin

## MODERNIZATION OF FEED CUTTER

***Abstract***

*The paper considers the factors influencing the decrease in the energy intensity of feed cutter. A unique technique for determining the specific work of cutting on a developed laboratory assembly is given. The design of the laboratory assembly and the principle of its operation are described. Based on the results of the studies, the regression equation is obtained reflecting the effect of the main design parameters of the shredder knife on the specific cutting work. The method of increasing the durability of knives using electromechanical processing is studied.*

**Keywords:** knife, cobs, corn, grinding, electromechanical treatment, hardening, wear resistance.

В настоящее время до 70 % всех энергетических затрат при приготовлении кормов к скармливанию приходится на процесс измельчения, а это в свою очередь составляет приблизительно 50 % экономических затрат на их переработку [1, С. 50]. В связи с развитием фермерства возникла необходимость в выпуске и разработке малогабаритных измельчителей кормов. На данный момент нет достаточно полного обоснования конструктивных параметров ножей измельчающего аппарата их долговечности и энергоемкости измельчения кормов.

Большую роль в совершенствовании средств механизации для производства кормов играет разработка и создание энергосберегающих высокоэффективных измельчающих машин, с модернизированными рабочими органами.

В связи с этим изучение и совершенствование измельчителей кормов и повышение долговечности их рабочих органов является актуальной и важной задачей.

Важным при проектировании машин для приготовления кормов является проработка принципов, позволяющих уменьшить энергоемкость измельчения кормов, поскольку данный показатель позволяет снизить удельные затраты на производство кормов.

Снижение энергоемкости измельчения кормов возможно за счет учета параметров измельчающего аппарата кормоприготовительных машин. К таким параметрам относят толщину лезвия ножа, угол заточки ножа, остроту лезвия ножа и др. [2, С. 58].

Толщина ножа имеет существенное значение для процесса резания и энергозатрат в частности. Экспериментально установлено, что с увеличением толщины ножа увеличиваются усилие и работа резания растительного материала [3, С. 21]. Наиболее оптимальная толщина ножа для резки кормов составляет 5…8 мм.

С точки зрения снижения удельной работы резания угол скольжения ножа для резки стебельных кормов должен быть не менее 65…70˚. В то же время некоторые авторы указывают на оптимальный угол скольжения 35˚ [3, С. 21].

Угол заточки лезвия выбирается такой, при котором лезвие ножа остается достаточно стойким к излому, длительное время сохраняет свою остроту, а усилие резания остается минимальным. Наиболее оптимальным углом заточки ножа для резки стебельных кормов является угол 45˚, хотя некоторые источники указывают на значение 18...25° [3, С. 21].

Зачастую различные показания авторов при проведении испытаний в схожих условиях связано главным образом с кинематической трансформацией угла заточки лезвия. Величину угла заточки определяют, исходя из обычного представления о геометрии лезвия в статическом состоянии. Нетрудно убедиться, что в процессе наклонного резания и резания со скольжением угол заточки в направлении резания (рабочего перемещения лезвия) меняет свое значение – уменьшается в зависимости от угла наклона лезвия или угла скольжения. Иными словами, переходя от представления о статической геометрии лезвия к представлению о его кинематической геометрии, мы встречаемся с явлением трансформации угла заточки.

Не менее важным параметром является острота лезвия ножа. Это обусловлено значимостью этого параметра в силовом взаимодействии лезвия с материалом, а также его влиянием на качество среза.

Одни ученые утверждают, что при увеличении скорости ножа усилие резания уменьшается, другие указывают на независимость удельного давления резания растительных материалов от скорости воздействия режущего инструмента, а некоторые определяют оптимальные скорости для каждого отдельного случая применительно к конкретной конструкции измельчителя.

Для изучения влияния геометрических параметров ножей измельчителей на удельную работу резания, а также долговечности ножей в ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ была разработана и сконструирована универсальная лабораторная установка, представленная на рис. 1.

Данная лабораторная установка состоит из электродвигателя 1, приводящего во вращение вал 2 с закрепленным на нем ножом 3. Управление установкой производится за счет кнопок на панели 7, а подача растительного материала для измельчения осуществляется через патрубок 5.

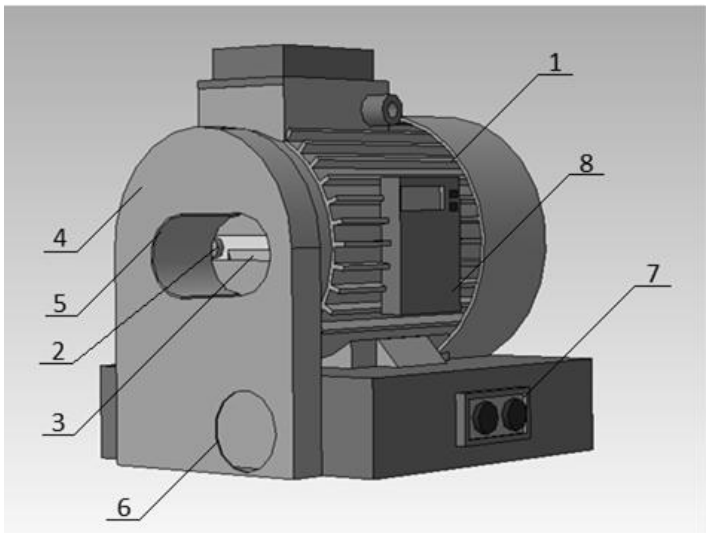



Рис. 1 – 3D модель универсальной установки для изучения процесса резания кормовых материалов:
1- электродвигатель 2- вал; 3- нож; 4- защитный кожух; 5-патрубок для загрузки корма; 6- выгрузное окно; 7- кнопки управления установкой; 8- прибор для измерения затрат энергии

Располагая данными о частоте вращения вала ротационного копра до среза образца растительного материала и после среза работу резания можно определить по формуле:

$A = k\,(n^2_1 - n^2_2)$,

где $n_1$ и $n_2$ – частота вращения маховика до среза образца и после среза соответственно, $с^{-1}$;

$k_u$ – коэффициент, зависящий от полярного момента инерции всех вращающихся частей маховика и ротора копра;

$k_u = 2\cdot\pi^2\cdot(J_{0\,рот} + J'о)$,

где $J_{0\,рот}$ – полярный момент инерции ротора, кгс·см·$с^2$;

$J'о$ – полярный момент инерции маховика с ножом, кгс·см·$с^2$.

Ротационный копер позволял получить скорость резания до 35 м/с.

Перед проведением экспериментов ротационный копер тарировали по затуханию частоты вращения в холостую.

В ходе реализации плана эксперимента и использовании прикладной программы Statistica была получена зависимость влияния остроты лезвия и толщины ножа на удельную работу резания початков кукурузы (рис.2), а также уравнение регрессии.

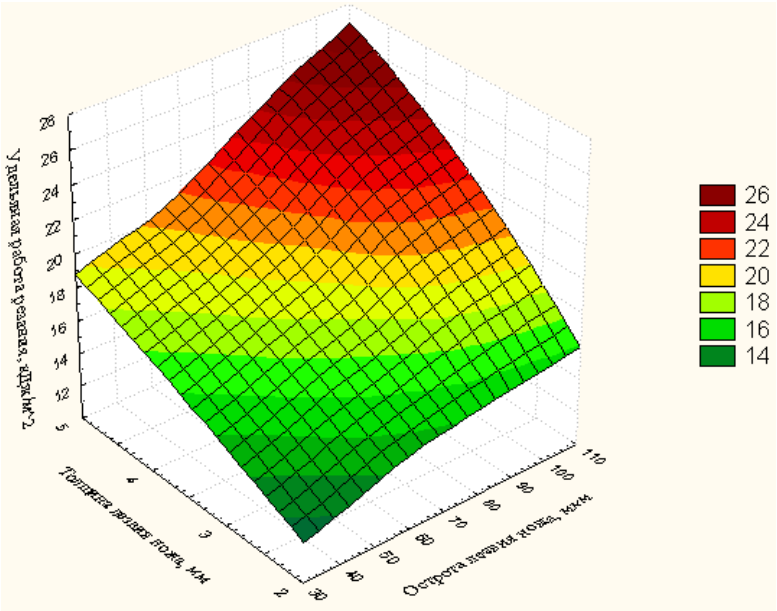



Рис. 2 – Влияние остроты лезвия ножа и толщины ножа на удельную работу резания початков кукурузы

Уравнение регрессии имеет вид:

$A = 6{,}2038 + 0{,}0016\cdot\delta + 3{,}0997\cdot h + 4{,}7772\cdot 10^{-5}\cdot\delta^2 + 0{,}0214\cdot\delta\cdot h - 0{,}2815\cdot h^2$,

где $A$ – удельная работа резания, кДж/м$^2$;

$\delta$ – острота лезвия ножа, мкм;

$h$ – толщина лезвия ножа, мм.

Данные уравнения регрессии свидетельствуют, что решающее влияние на изменение удельной работы резания оказывает толщина лезвия ножа, при увеличении толщины лезвия ножа с 2 до 5 мм, удельная работа резания увеличивается на 34…37 %, при увеличении остроты лезвия ножа с 30 до 100 мкм удельная работа резания возрастает на 21…24 %.

Поскольку толщина лезвия ножа ограничена прочностными характеристиками материала из которого изготовлен нож, то дополнительным резервом снижения энергоемкости измельчения является поддержание оптимальной остроты лезвия ножа в течении всего его срока службы благодаря применению поверхностных способов упрочнения с целью достижения эффекта самозатачивания ножа.

При изготовлении рабочих органов кормоприготовительных машин (измельчителей) следует учитывать особенности их работы, в частности, возникающие повышенные динамические нагрузки, быстрое изнашивание рабочих органов. Повышение надежности разрабатываемых конструкций рабочих органов измельчителей является важной задачей, т.к. это позволит обеспечить стабильный фракционный состав измельченного корма, снизить затраты на эксплуатацию и ремонт измельчителей. Показатели долговечности измельчителей увязаны с повышением работоспособности их рабочих органов.

Ножи существующих измельчителей значительно изнашиваются и разрушаются, что приводит к их частой замене (ремонту). Производительным способом достижения высокого уровня долговечности ножей измельчителей вляется их упрочнение на стадии изготовления, которое во многих случаях более оправдано, чем восстановление или замена.

Одним из наиболее эффективных и ресурсосберегающих способов упрочнения является электромеханическая обработка (ЭМО) деталей сельскохозяйственных машин [4, 5]. Электромеханическое упрочнение (ЭМУ) обладает следующими достоинствами: малый расход электрической энергии, высокая производительность, повышение износостойкости, усталостной прочности и ударной вязкости обработанных поверхностей деталей. Однако ранее для упрочнения ножей сложной формы (винтообразного профиля) кормоприготовительных машин ЭМУ ранее не применялось.

Для эффективного упрочнения ножей измельчителя предлагается многоинструментальная головка [6].

Для исследований в производственных условиях был спроектирован измельчитель барабанного типа с наклонными ножами [7, С.10]. Ножи изготавливались из рессорно-пружинной стали 65Г (ГОСТ 14959-79). Проведенные исследования показали, что при измельчении неочищенного от грунта (не мытых) корма ножи преждевременно выходили из строя по причине поломки или износа. По данным производственных испытаний, проведенных в СХПК «Волга» Цильнинского района Ульяновской области, длительная эксплуатация измельчителя с изношенными или поломанными ножами приводила к существенному увеличению энергоемкости измельчения (43%) и стоимости измельчения единицы корма. Предположительно, повышенный износ связан с действием абразивных частиц грунта и применением не подходящего материала для их изготовления. Сталь 65Г обладает повышенной отпускной хрупкостью и не рекомендуется для применения в конструкциях, работающих в условиях высоких ударных нагрузок.

В связи с этим авторы рассматривают в качестве альтернативы для создания ножей применение конструкционной углеродистой качественной стали 45 (ГОСТ 1050-88), с электромеханическим упрочнением. Сталь 45 не подвержена отпускной хрупкости, обладает повышенной долговечностью. С точки зрения экономической эффективности производства ножей, изготовление конструкций ножей из стали 45 с электромеханическим упрочнением гораздо дешевле по сравнению со сталью 65Г.

В настоящей работе выполнены испытания физико-механических свойств образцов из стали 65Г и из стали 45, подвергнутых ЭМУ. Методика проведенных исследований состояла из определения прочности и ударной вязкости поверхностей деталей из сталей 65Г и 45, твердости, абразивной износостойкости, глубины упрочненного слоя ножей из упрочненной стали 45. [8, 9, 10].

Режим ЭМУ образцов деталей подобран согласно исследованиям ученных ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ: величина силы тока I=2000 А, напряжение U=4 В, частота вращения упрочняющего ролика n=4 об/мин, подача 3 мм/мин.

Твердость замеряли согласно ГОСТ по шкале Роквелла твердомером МЕТ-УД, определение глубины упрочненного слоя производили с помощью микротвердомера ПМТ-3.

Для определения абразивной износостойкости была разработана методика с использованием машины трения СМТ-1. Продолжительность – 2 суток. Повторность испытания – 3-кратная.

Предел прочности деталей из стали 45 после ЭМУ, находили в соответствии с ГОСТ 25.503-97. Для этого применяли универсальную гидравлическую машину Р-50. Исследования велись при постепенном увеличении допустимой нагрузки до появления трещин в образце, это свидетельствовало о разрушении упрочненного слоя.

Для нахождения ударной вязкости ножей, изготовленных из сталей 65Г и стали 45 после ЭМУ, испытания проводили на копре МК – 30А, опираясь на ГОСТ. Проводили варьирование высоты маятника, добиваясь увеличения ударных нагрузок. Ударная нагрузка увеличивалась до разрушения образца, после чего определялась ударная вязкость.

В результате исследований, твердость поверхности ножей из стали 65Г составила HRC 30, для детали из стали 45 после ЭМУ значение составила HRC 53. Глубина упрочненного слоя упрочненных ножей из стали 45 составила 0,58 мм.

Полученные данные исследований на абразивную износостойкость ножей (таблица 1) показали, что у деталей, подвергнутых электромеханическому упрочнению, износостойкость в 2,9 раз больше, чем у образцов из стали 65Г. Тем самым, используя ЭМУ ножей, возможно существенно увеличить срок службы рабочих органов измельчителя кормов в производственных условиях.

Приведенные данные в работе, показывают, что нож измельчителя кукурузы должен обладать значительной прочностью, с целью выдерживать нагрузки 1400 МПа. Рабочие кромки ножей при измельчении початков кукурузы, испытывают динамические нагрузки, и имея недостаточную прочность менее 1400 МПа, возможна их деформация и разрушение.

Таблица 1 – Износостойкость ножей из сталей 65Г и стали 45 (ЭМУ)

| Материал образца | Масса образца, г | | Износ, $\Delta m_{ср}$, г | Относительная износостойкость |
|---|---|---|---|---|
| | До испытаний | После испытаний | | |
| Сталь 45, подвергнутая ЭМУ | 39,953 | 39,289 | 0,664 | 3,54 |
| Сталь 65Г | 38,984 | 37,115 | 1,869 | 1,22 |

Испытания прочности упрочненных ножей сжатием до появления трещины показали, что она находится в допустимых пределах.

Прочность ножей до разрушения упрочненного слоя составила 2060 МПа. Можно утверждать, что ЭМУ ножей позволит сохранить их целостность при больших динамических нагрузках.

Исследования ударной вязкости ножей показали, что у упрочненных деталей из стали 45 она выше, чем у ножей из стали 65Г (таблица 2).

Таблица 2 – Ударная вязкость ножей

| Материал | Ударная вязкость, Дж/см$^2$ |
|---|---|
| Сталь 65Г | 19 |
| Сталь 45, подвергнутая ЭМУ | 28 |

Результаты, представленные в таблице 2 показывают, что ножи из упрочненной ЭМО стали 45, имеют ударную вязкость на 9 Дж/см$^2$ больше, чем у ножей из стали 65Г.

В дальнейшем, планируется проведение проверки результатов лабораторных испытаний в производственных условиях, при измельчении кукурузы.

Таким образом, в целях снижения энергоемкости измельчения початков кукурузы в кормоприготовительных машинах наиболее целесообразно применение ножей толщиной не менее 2 мм. Дальнейшее снижение толщины ножа приводит к существенному снижению его прочности.

Добиться рекомендуемой остроты лезвия ножа кормоприготовительной машины целесообразно за счет применения поверхностных методов упрочнения, поскольку в процессе работы задняя грань ножа изнашивается в несколько раз быстрее передней грани, благодаря чему и достигается самозатачивание ножа.

Рассмотрена возможность рационального применения в качестве материала ножей измельчителя кукурузы, стали 45, подвергнутой электромеханическому упрочнению, взамен ранее применявшейся стали 65Г.

По результатам исследований определено, что при ЭМУ повышается износостойкость ножей в 2,9 раза, усталостная прочность – до 2060 МПа, ударная вязкость – до 28 Дж/см$^2$.

**Список литературы / References**

1. Курдюмов В.И. Снижение энергоемкости измельчения / В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2008. - № 5. - С. 50-53.

2. Курдюмов В.И. Анализ факторов, влияющих на энергоемкость резания/ В.И. Курдюмов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин // Нива Поволжья. - 2008. - № 3. - С. 57-59.

3. Аюгин Н.П. Определение оптимальных параметров ножей измельчающего аппарата кормоприготовительных машин / Н.П. Аюгин, Р.Ш. Халимов, П.Н, Аюгин, Н.Н. Аксенова // Техника и оборудование для села. – 2016. - № 1. – С. 20-23.

4. Патент РФ № 2385212. Способ упрочнения поверхности деталей / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш., Смирнова Н.И.; Опубл. 27.03.2010 г.; Бюл. № 9.

5. Патент РФ № 2501643. Способ многопроходной электромеханической обработки детали на токарном станке / Жиганов В.И., Халимов Р.Ш.; Опубл. 20.12.2013 г.; Бюл. № 35.

6. Патент РФ № 2383429. Многоинструментальная головка для электромеханической обработки плоских поверхностей, В. И. Жиганов, А. В. Морозов, К. Р. Кундротас, Р.Ш. Халимов. Опубл. 10.03.2010. Бюл. № 7.

7. Аюгин Н.П. Разработка энергосберегающего измельчителя корнеклубнеплодов / Н.П. Аюгин, Н.В. Павлушин, В.И. Курдюмов // Ползуновский альманах. - 2011. - № 4-2. - С. 9-13.

8. ГОСТ 9013-79. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. М.: Издательство стандартов, 2001. – 9 с.

9. ГОСТ 23.208-79. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы. М.: Издательство стандартов, 1980. – 8 с.

10. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах. М.: Издательство стандартов,1979. – 12 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kurdyumov V.I. Snizheniye energoemkosti izmelcheniya [Reducing Energy Consumption of Grinding] / V.I. Kurdyumov, N.P. Ayugin, P.N. Ayugin // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo univesiteta [Bulletin of Altai State Agrarian University] - 2008. - No. 5. - P. 50-53. [In Russian]

2. Kurdyumov V.I. Analiz faktorov, vliyayushchikh na energoemkost rezaniya [Analysis of Factors Affecting Energy Consumption of Cutting] / V.I. Kurdyumov, N.P. Ayugin, P.N. Ayugin // Niva Povolzhiya. - 2008. - No. 3. - P. 57-59. [In Russian]

3. Ayugin N.P. Opredeleniye optimalnykh parametrov nozhey izmelchayushchego apparata kormoprigitovitelnykh mashin [Determination of optimal parameters of knife for grinding apparatus of feed preparation machines] / N.P. Ayugin, R.Sh. Khalimov, P.N., Ayugin, N.N. Aksenova // Tekhnika i oborudocvaniye dlia sela [Engineering and equipment for the village]. - 2016. - No. 1. - P. 20-23. [In Russian]

4. Patent of the Russian Federation No. 2385212. Sposob uprochneniya poverkhnosti detaley [Method of hardening of the surface of parts] / Zhiganov V.I., Khalimov R.Sh., Smirnova N.I.; Publ. 27.03.2010; Bul. No. 9. [In Russian]

5. Patent of the Russian Federation No. 2501643. Sposob mnogoprokhodnoy elektromekhanicheskoy obrabotki detali na tokarnom stanke [Method of multi-pass electromechanical machining of parts on a lathe] / Zhiganov V.I., Khalimov R.Sh .; Publ. on 12/20/2013; Bul. No. 35. [In Russian]

6. Patent of the Russian Federation No. 2383429. Mnogoinstrumentalnaya golovka dlia elektromekhanicheskoy obrabotki ploskikh poverkhnostey [Multi-tool head for electromechanical processing of flat surfaces], V.I. Zhiganov, A.V. Morozov, K.R. Kundrotas, R.Sh. Halimov. Publ. on 10.03.2010. Bul. No. 7. [In Russian]

7. Ayugin N.P. Razrabotka energosberegayushchego izmelchitelia korneklubneplodov [Development of energy-saving chopper of root crops] / N.P. Ayugin, N.V. Pavlushin, V.I. Kurdyumov // Polzunovsky almanakh. - 2011. - No. 4-2. - P. 9-13. [In Russian]

8. GOST 9013-79. Metally. Metod izmereniya tverdosti po Rokvelu [Metals. Method for measuring Rockwell hardness.] M.: Publishing house of standards, 2001. - 9 p. [In Russian]

9. GOST 23.208-79. Obespecheniye iznosostoykosti izdeliy. Metod ispytaniya materilaov na iznosostoykost pri trenii o nezhestko zakreplenniye abrazivniye chastitsy [Provision of wear resistance of products. Method of testing materials for abrasion resistance in the case of friction abrasive particles]. M.: Publishing house of standards, 1980. - 8 p. [In Russian]

10. GOST 9454-78. Metally. Metod ispytaniya na udarniy izgib pri ponizhennykh, komnatnoy i povushennykh temperaturakh [Metals. Test method for impact bending at low, ambient and elevated temperatures]. M .: Publishing house of standards, 1979. - 12 seconds. [In Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.126**

**Швецов И.В.[1], Желнов Д.В.[2], Мокрицкий Б.Я.[3]**
[1]ORCID: 0000-0003-3668-307X, доктор технических наук, профессор;[2]аспирант;
[3]ORCID 0000-0003-4727-9873, доктор технических наук, профессор,
[1,2]Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
[3]Комсомольск-на-Амуре государственный технический университет

# СОВОКУПНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТВЁРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПУТЁМ УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

***Аннотация***

*Рассмотрены технологические приёмы повышения работоспособности металлорежущего инструмента из твердого сплава. Приведены данные эффективности упрочнения инструмента алмазной термозаточкой. Сравнительные испытания инструмента, подвергнутого различным видам упрочняющей термопластической обработки, показывают на относительное повышение его работоспособности. В работе имеется сравнительная оценка трещиностойкости твёрдых сплавов и их покрытий. Внимание уделено технологическому управлению работоспособностью твёрдосплавного инструмента за счёт нанесения покрытий. Конструктивные особенности управления работоспособностью рассмотрены на примере составных концевых твёрдосплавных фрез и тангенциальных пластин для восстановительной колёсотокарной обработки.*

**Ключевые слова:** износ, резание, инструмент, твердый сплав, материал, покрытие, технологический процесс, поверхностное упрочнение.

**Shvetsov I.V.[1], Zhelnov D.V.[2], Mokritsky B.Ya.[3]**
[1]ORCID: 0000-0003-3668-307X, PhD in Engineering, Professor; [2]Postgraduate student;
[3]ORCID 0000-0003-4727-9873, PhD in Engineering, Professor,
[1,2]Yaroslav-the-Wise Novgorod State University
[3]Komsomolsk-na-Amure State Technical University

# COMPATIBILITY OF TECHNOLOGICAL APPROACHES TO INCREASE THE WORKING EFFICIENCY OF THE IRON-FUEL TOOL BY WAYS OF STRENGTHENING THE BASIS OF THE INSTRUMENT MATERIAL

***Abstract***

*Technological methods of increasing the working capacity of metal-cutting tools from hard alloy are considered. The data of the tool hardening efficiency with a diamond thermal grinder are given. Comparative tests of the tool subjected to various types of strengthening thermoplastic processing show a relative increase in its performance. In this paper, there is a comparative evaluation of the fracture toughness of hard alloys and their coatings. Attention is paid to the technological control of the working capacity of the carbide tool by coating. The structural features of working capacity control are considered on the example of composite carbide cutters and tangential plates for restoring wheel-rolling processing.*

**Keywords**: wear, cutting, tool, hard alloy, material, coating, technological process, surface hardening.

Приводимая совокупность технологических приёмов может рассматриваться в виде самостоятельных технологических процессов изготовления инструмента или как часть технологических процессов, предусматривающих нанесение покрытий [1, С. 320], [2, С. 38] на твёрдосплавную основу [3, С. 264], [4, С. 194]. Во втором случае приёмы следует рассматривать как процесс подготовки основы под нанесение (архитектурирование) и упрочнение покрытия, т.е. как варианты упрочняющих воздействий на этапе упрочнения основы инструментального материала.

Рост сопротивляемости разрушению связано с повышением однородности структуры в поверхностных слоях и формированием термодинамически устойчивой дислокационной структуры. Исследование и описание основных закономерностей [5, С.28] протекания всевозможных процессов позволяет объяснить массоперенос. Исследование процессов деформирования и разрушения материалов, с одной стороны, позволяет рассматривать динамику изменения состояния вещества на субструктурном и атомарном уровнях, а с другой стороны, разработать новые физические основы интенсификации методов, мониторинг процесса и диагностирование оборудования. На основе всестороннего изучения взаимосвязи деформационных, последеформационных процессов и процессов разрушения материалов, структурных изменений возможен научно обоснованный подход к использованию полученных результатов при создании новых методов контроля [6, С. 14], [7, С. 91].

Строение кристаллической решетки сталей и чугунов связано с их химическим составом, наличием примесей, которые в разной степени оказывают влияние на пластическое деформирование и разрушение срезаемого слоя при превращении его в стружку. Процесс снятия стружки как при обработке лезвийным инструментом, так и абразивным можно характеризовать как формирование новой поверхности заготовки с затратой определенного количества энергии, а стружкообразование как пластический сдвиг, представляющий не что иное как вязкое разрушение, связанное с явлением пластической деформации [8, С. 27].

Образование микротрещин, действующих в ферритной матрице сталей и ряде чугунов, как концентратор напряжений создает зародыши уже при 1% деформации, что намного меньше, чем при пластическом деформировании и разрушении стружки. Поэтому микроскопический анализ поведения вещества может быть выполнен лишь на основе моделирования методом молекулярной динамики процессов [9, С. 64.].

Типовая технология спекания инструмента из твердого сплава, его алмазная заточка, виброабразивная обработка не могут обеспечить необходимой термической устойчивости сформировавшихся структур в связи с тем, что достаточно более высокие температуры эксплуатации инструмента вынужденно приводят к изменению достигнутого при его изготовлении состояния.

Для стабилизации структур в поверхностном слое и интенсификации диффузионных процессов в объемном теле пластины из твердого сплава наряду с выравниванием уровня напряжений представлен [10, С. 1] метод термомеханического упрочнения твердосплавного инструмента, представляющего собой упрочняющую термопластическую обработку. Он основан на комплексном силовом и тепловом воздействии на инструмент.

Процесс упрочнения реализуется алмазной заточкой (допустимо применение других видов механического воздействия без осуществления процесса резания) инструмента, находящегося в нагретом состоянии. Оптимальная температура нагрева для сплавов группы ВК около 773К, для сплавов группы ТК - около 873 К. Более высокие температуры нагрева инициируют развитие процессов ползучести и снижают эффективность упрочнения.

Реализация УТПО возможна на заточном или шлифовальном станке с применением специальной оснастки для нагрева и крепления инструмента, желательно, сменных многогранных пластин.

По анализу микрофотографий видно, что поверхность при алмазной термозаточке более стабильная, нет явно выраженных борозд (следов воздействия алмазного круга), меньше вырывов зерен и связки, нет сдвигов группы зерен и их раскола. Более тщательные электронно-фрактографические исследования показывают, что при термозаточке происходит залечивание дефектов (вырывов, микротрещин) алмазной заточки, формируется текстура, на поверхности формируются энергоемкие окислы $TiO_2$, $WO_3$. Исследование процесса развития трещин показывает, что доля хрупкого разрушения (от зерна к зерну) уменьшается, а доля вязкого (по связке) разрушения возрастает. Это и наличие текстуры ведет к многократному изменению направления роста трещины, что в целом снижает ее скорость роста.

Поверхностное упрочнение проявляется в существенном приросте микротвердости. Объемное упрочнение заметно при оценке вязкости разрушения, т.е. происходит рост сопротивляемости трещинообразованию. Влияние температурного режима и режимов алмазной заточки на работоспособность инструмента оценивалось методом экзоэлектронной эмиссии и испытаниями на износостойкость, что позволило определить оптимальные режимы. Эффективность упрочнения инструмента алмазной термозаточкой подтверждается данными таблицы 1.

Таблица 1 – Величины износа, мм, по задней грани твердосплавного инструмента ВК8 при различных условиях упрочнения за равный период работы

| Обрабатываемый материал | Алмазная заточка | Алмазная термозаточка по разработанному технологическому приёму |
|---|---|---|
| Сталь 45 | 0,5 | 0,23 |
| ВТ - 3 | 0,65 | 0,38 |
| ВТ - 20 | 0,72 | 0,30 |

*Примечание: значения приведены как среднее по 5 результатам с коэффициентом вариации 0,25-0,3.*

Предложенный метод требует специального оборудования или оснастки. В условиях промышленного предприятия для этих целей могут быть применены заточные или шлифовальные станки.

Комбинированный метод упрочняющей термопластической обработки реализован на основе совмещения термопластической и химико-термической обработки твердых сплавов. Суть способа в том, что термозаточка реализуется в специальной (азотосодержащей) газовой среде, призванной обеспечить дополнительную стабилизацию дислокационных структур в процессе УТПО и нейтрализовать (снизить) протекание окислительных разрушающих воздействий окружающей среды на формируемые при термозаточке поверхности инструмента. Результаты сравнительных испытаний приведены в таблице 2. Данные приведены для случая токарной обработки в жёстких условиях (при прерывистом точении специализированной стали АК-32ПК при скорости резания 80 м/мин, подаче 0,2 мм/об и глубине 1,5 мм, поверхность получена методом свободной ковки с большими колебаниями припуска).

Таблица 2 – Сравнительные испытания работоспособности инструмента, подвергнутого различным видам упрочняющей термопластической обработки

| Вид упрочнения | Т15К6 в состоянии поставки | Т15К6 + термозаточка | Т15К6 + термозаточка в азотосодержащей среде | Т15К6+ TiN |
|---|---|---|---|---|
| Количество обработанных деталей | 26 | 3941 | 6069 | 3240 |
| Относительное повышение работоспособности | 1,0 | 1,5 | 2,7 | 1,4 |

*Примечание: значения приведены как среднее по 5 результатам с коэффициентом вариации 0,25-0,3.*

Специальный метод термопластического упрочнения реализован для твердосплавного инструмента с покрытием. Необходимость упрочняющего воздействия на покрытие связана тем, что трещиностойкость покрытий существенно ниже трещиностойкости твердого сплава, что представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная оценка трещиностойкости твёрдых сплавов и их покрытий

| Вязкость разрушения | ВК6 | ВК8 | Т15К6 | ТТ10К8Б | TiC | TiN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| К1с, Мпа √м | 10,4 | 11,4 | 7,2 | 8,6 | 1, 85 | 1, 89 |

*Примечание: 1. Значения для ВК6, ВК8, Т15К6 и ТТ10К8Б приведены как среднее по 5 экспериментам с коэффициентом вариации 0,25-0,3. 2. Значения для TiC и TiN определены расчётным путём по методике Кабалдина Ю.Г.*

В разработанном решении повышение энергоемкости и термодинамической устойчивости достигается путем вибрационно-ударного воздействия на нагретый инструмент. Нагрев происходит по аналогии к термозаточке, т.е. путем подвода тепла от термоэлементов. Вибрационно-ударное воздействие осуществляется посредством упругих элементов вращающейся металлической щетки (принцип решения состоит в замене заточного круга на металлическую щетку). Повышение работоспособности инструмента достигается за счет:

снижения уровня напряжений на границе раздела покрытие-основа;

интенсификации диффузионного взаимодействия покрытия и основы;

выравнивания энергетического состояния микрообъемов покрытия;

заделки (залечивания) дефектов (типа пор) покрытия материалом щетки.

Варьирование материала щетки не выявило существенного влияния на работоспособность, т.е. роль твердой смазки материала щетки на инструменте незначительна. Варьирование режимами такого термопластического упрочнения позволило выявить оптимальные условия упрочнения. Для нитридных покрытий это: температура около 673-773К, число оборотов щетки $n$ = 1200-1600 об/мин, подача $S$ = 80-100 мм/мин, число проходов $i$ = 2-3, усилие прижима щетки $Q$ = 60-100 Н.

Для случая чернового точения титанового сплава ВТ-3-1 с подачей $S$ = 0,21 мм/об, $t$ = глубиной 5 мм и скоростью резания $V$ = 0,9 м/с данный метод термопластического упрочнения инструмента с покрытием обеспечивает повышение работоспособности свыше 20 раз.

Полученные сведения показывают, что:

технологический приём термомеханического воздействия (алмазная термозаточка и алмазная термозаточка в азотосодержащей среде) обеспечивает повышение работоспособности твёрдосплавного инструмента без покрытия;

технологический приём термопластического воздействия (виброударное воздействие проволоками металлической щётки) обеспечивает повышение работоспособности твёрдосплавного инструмента с покрытиями;

основным механизмом повышения работоспособности в этих технологических приёмах является повышение трещиностойкости (коэффициента вязкости разрушения) инструментального материала и термическая стабилизация внутренних напряжений.

Ведутся исследования возможности выбора эффективного процесса упрочнения металлорежущего инструмента за счёт применения моделирования процесса резания, в том числе при фрезеровании составными концевыми фрезами.

**Список литературы / References**

1. Grigoriev S.N. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings. / Grigoriev S.N., Vereschaka A.A. , Vereschaka A.S, . Kutin A.A. Procedia CIRP Vol 1. – 2012. - P. 320.

2. Волосова М.А. Технологические принципы осаждения износостойких нанопокрытий для применения в инструментальном производстве / Волосова М.А., Григорьев С.Н. //Упрочняющие технологии и покрытия. – 2010. – № 6. – С. 38.

3. Якубов Ф.Я. Структурно-энергетические аспекты упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента / Якубов Ф.Я., Ким В.А. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное издательство. - 2005. – С. 264.

4. Верещака А.С. Тенденции совершенствования и методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии в машиностроении / Верещака А.С., Верещака А.А. // Сб. научн. статей / Под редакцией А.И.Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ». - 2007. – С. 194.

5. Сотова Е.С. Керамические режущие инструменты / Сотова Е.С., Верещака А.А., Верещака А.С. - М.; изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ Станкин», 2013. – С. 28.

6. Мокрицкий Б.Я. Управление эффективностью применения металлорежущего инструмента: монография / Мокрицкий Б.Я., Усова Т.И., Конюхова Я. В. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГТУ». - 2017. – С. 14.

7. Бансявичус Р.Ю. Контроль износа сверл в процессе резания по параметрам акустической эмиссии / Бансявичус Р.Ю., Лазаревичюс П.П., Пуоджюкайтис С.Б. // Новые методы обработки резанием конструкционных материалов и эксплуатация режущих инструментов: Материалы семинара. – М. - 1988. – С. 91.

8. Армарего И. Дж. А., Браун Р. Х. Обработка металлов резанием. Пер. с англ. В. А. Пастунова. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 27.

9. Верещака А.С., Касьянов С.В. Работоспособность и эксплуатационная надежность быстрорежущего инструмента при нанесении износостойких покрытий. Обработка материалов резанием. – М.: МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского. - 1977. – С. 64.

10. А.с. СССР № 1639087 МПК С23С 14/32. Способ изготовления инструмента из режущей керамики / Ю.Г. Кабалдин, Б.Я. Мокрицкий, А.С. Верещака, В.Н. Аникин, О.Б. Ковалёв, С.Н. Григорьев. Опубл. 10.04.2010. Бюл. №10. – С. 1.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Grigoriev S.N. Rezhushie instrumenti izgotovlennie iz mnogosloinoi kompozitnoi keramiki s nanorazmernimi mnogosloinimi pokritiymi [Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings]. / Grigoriev S. N., Vereschaka A.A., Vereschaka A.S., Kutin A.A. Procedia CIRP Vol 1. – 2012. - P. 320. [in Russian]

2. Volosova M. A. Tehnologicheskie principy osazhdenija iznosostojkih nanopokrytij dlja primenenija v instrumental'nom proizvodstve [Technological principles of deposition of wear-resistant nano-coating for use in tool production] / Volosova M.A., Grigoriev S.N. // Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija [Hardening technology and coatings]. – 2010. – No. 6. – P. 37. [in Russian]

3. Yakubov F. Y. Strukturno-jenergeticheskie aspekty uprochnenija i povyshenija stojkosti rezhushhego instrumenta [Structure-energy aspects of hardening and increasing the resistance of the cutting tool] / Yakubov F.Y., Kim V.A. – Simferopol: Crimean pedagogical state publishing house. - 2005. – 300c. [in Russian]

4. Vereshchaka A.S. Tendencii sovershenstvovanija i metodologija sozdanija funkcional'nyh pokrytij dlja rezhushhego instrumenta. Sovremennye tehnologii v mashinostroenii [Trends in improvement and methodology for the creation of functional coatings for the cutting tool. Modern technologies in mechanical engineering] / Vereshchaka A.S., Vereshchaka A.A. //Proc. scientific. articles /edited by A. I. Grabchenko. – Kharkiv: NTU "KPI", 2007. – P 192-235. [in Russian]

5. Cell E.C. Keramicheskie rezhushhie instrumenty [Ceramic cutting tools] / Cell E.C., Vereshchaka A.A., Vereshchaka A.S. - M.; Publishing house FGBOU VPO "MGTU Stankin". - 2013., - P. 148. [in Russian]

6. Mokritsky B.Y. Upravlenie jeffektivnost'ju primenenija metallorezhushhego instrumenta: monografija [Management of efficiency of cutting tools: monograph] / Mokritsky B.Y., Usov T.I., Konyukhov Y.V. Komsomolsk-on-Amur, of the "KnAGTU", 2017. – S. 14. [in Russian]

7. Bansevicius R. Y. Kontrol' iznosa sverl v processe rezanija po parametram akusticheskoj jemissii [Control of wear of the drill during the cutting process on the acoustic emission parameters] / Banevicius R.J., Lazarewicz P.P., Boogybytes S.B. // Novye metody obrabotki rezaniem konstrukcionnyh materialov i jekspluatacija rezhushhih instrumentov: Materialy seminara [New methods of machining of constructional materials and operation of cutting tools: Materials of the workshop]. – M., 1988. – S. 91 – 94. [in Russian]

8. Armarego Ij.A., Brown R.H. Obrabotka metallov rezaniem [Processing of metals by cutting]. Per. from English. V.A. Pestunova. – M.: Mashinostroenie, 1977. – S. 27. [in Russian]

9. Vereshchaka A.S. Rabotosposobnost' i jekspluatacionnaja nadezhnost' bystrorezhushhego instrumenta pri nanesenii iznosostojkih pokrytij. Obrabotka materialov rezaniem [The efficiency and the operational reliability of the high speed of the tool when the wear-resistant coatings. Processing of materials by cutting] / Vereshchaka A.S., Kasyanov S.V. – M.: MDNTP them. F. E. Dzerzhinsky. - 1977. – P. 64. [in Russian]

10. A.S. USSR № 1639087 IPC C23C 14/32. Sposob izgotovlenija instrumenta iz rezhushhej keramiki [Method of manufacturing a tool from cutting ceramics] / Kabaldin Y.G., Mokritsky B.Y., Vereshchaka A.S., Anikin V.N., Kovalev O.B., Grigoriev S.N.. Publ. 10.04.2010, Bull. №10. – P.1.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.005**

**Шемель И.Г.[1], Останин А.Н.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-7841-2860, [2]ORCID: 0000-0001-9820-5351,

[1]Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

[2]ООО «Этек», г. Калуга

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

***Аннотация***

*В статье рассматриваются физико-химические аспекты технологии утилизации отработанных растворов и сточных вод процесса химического никелирования. Необходимость природоохранных технологий обусловлена высоким содержанием ионов никеля в растворе, оказывающим вредное воздействие на окружающую среду и организм человека, а также и истощением природных ресурсов. Описывается возможность извлечения металлического никеля в результате автокаталитического осаждения, рассмотрен механизм процесса и основные параметры его реализации. Свежеосажденный металлический никель может использоваться как вторичный ресурс очистки отработанных растворов химического никелирования.*

**Ключевые слова:** химическое никелирование, очистка сточных вод, автокаталитическое осаждение, вторичное использование отходов.

**Shemel I.G.[1], Ostanin A.N.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-7841-2860, [2]ORCID: 0000-0001-9820-5351,

[1]Kaluga branch of the *Bauman* Moscow State Technical University, Kaluga

[2]"Etec" Ltd, Kaluga

## PHYSICOCHEMICAL FOUNDATIONS OF AUTOCATALYTIC SEDIMENTATION OF NICKEL FROM THE PROCESSED SOLUTIONS OF CHEMICAL NICKEL-PLATING

***Abstract***

*The physicochemical aspects of the technology of utilization of waste solutions and wastewater from the process of chemical nickel-plating are considered in the article. The need for environmental technologies is due to the high content of nickel ions in the solution, which has a harmful effect on the environment and the human body, as well as the depletion of natural resources. The possibility of extraction of metallic nickel as a result of autocatalytic sedimentation is described, the mechanism of the process and the main parameters of its realization are considered. Freshly precipitated metallic nickel can be used as a secondary resource for cleaning of spent chemical nickel-plating solutions.*

**Keywords**: chemical nickel-plating, wastewater treatment, autocatalytic sedimentation, waste recycling.

В настоящее время в машиностроении широкое распространение получили процессы химического никелирования, поскольку позволяют получить качественные покрытия (технические и декоративные) на разных типах материалов [1].

Однако процессы никелирования сопровождают большие объемы потерь солей никеля в виде жидких с относительно концентрированными, содержащими от 3 до 20 г/л ионов никеля жидкими отходами. Жидкие никельсодержащие отходы процесса обладают аллергенным, мутагенным и тератогенным действием. Извлечение ионов тяжелых металлов из сточных вод, шламов и отработанных технологических растворов промышленных предприятий объясняется не только необходимостью защиты окружающей среды, но и ценностью самих металлов.

Никель является стратегическим металлом, цена на никель на торгах Лондонской биржи металлов неуклонно растет. Значительное истощение природных источников сырья, в частности черных и цветных металлов, для многих отраслей промышленности диктует необходимость полного использования всех видов промышленных отходов в качестве вторичного материального ресурса, и является первостепенной задачей [2].

В этой связи необходимо совершенствование технологий и методов извлечения никеля из жидких сред. Утилизация накопленных никельсодержащих отходов может быть осуществлена различными методами: осаждение в виде гидроксидов [3], [4], выделение в ходе ионного обмена[5,6] или сорбции [7], путем цементации [8] – для осуществления большинства которых требуется дорогостоящее оборудование и проведение сложных технологических процессов.

Целью данной работы является разработка эффективной технологии извлечения ионов никеля из сточных вод путем автокаталитического осаждения. Объектом исследования явились модельные и отработанные растворы химического никелирования гальванического производства действующего предприятия. Отработанные растворы образовались в результате многократного проведения химического никелирования различных по назначению и форме изделий военного назначения, подвергались постоянной корректировке как по основному компоненту, так и по комплексообразующим и стабилизирующим добавкам, гипофосфиту натрия, щелочности среды.

Процесс выделения металлического никеля из отработанных растворов химического никелирования проводили на установке, основным элементом схемы являлся жидкостной термостат ТЖ-ТС-01/12-150 с микропроцессорным терморегулятором, предназначенным для поддержания заданной температуры при проведении физико-химических исследований в лабораториях(диапазон +10-150$^0$ С, точность измерения 0,1$^0$ С). Мощный нагнетающе-всасывающий насос обеспечивал постоянное термостатирование лабораторных стеклянных сосудов.

Эксперимент осуществляли на отработанных растворах сульфата никеля с концентрацией 3-11 г/л при избыточном количестве восстановителя (гипофосфит натрия:никель=1,10÷1,15). Поддерживали температуру основного техпроцесса – 85 $^0$С, чтобы сократить энергетические затраты на нагревание сточной воды. Уровень pH достигали введением гидроксида натрия, без увеличения в растворе аммиака, способствующего связыванию никеля в растворимые аммиакатные комплексы. Эффективность очистки рассчитывали по концентрациям иона никеля в исходном и очищенном растворах, которые определяли фотометрическим способом [9]. Выделенный никель использовали в качестве инициатора в последующих экспериментах. Гранулометрический анализ порошков никеля был выполнен методом малоуглового рассеивания на лазерном анализаторе «Ласка-1К».

В основе предлагаемой технологии очистки сточных вод лежит химическая реакция собственно химического никелирования – восстановление ионов никеля из раствора в избытке гипофосфита натрия:

$$NiCl_2 + 2NaH_2PO_2 + 2H_2O \rightarrow Ni + 2NaH_2PO_3 + H_2 + 2HCl$$

Отличие заключается в выборе поверхности: для технологии химического никелирования – это поверхность нанесения покрытия, в очистке сточных вод – дисперсная фаза каталитически активного металлического никеля в отработанном растворе, которая выступает в качестве катализатора процесса.

Механизм процесса выделения металлического никеля достаточно сложен [10], включает окислительно-восстановительные процессы на поверхности адсорбента-катализатора.

Вначале в результате взаимодействия гипофосфита с водой на каталитической поверхности происходит замещение водорода из связи P – H в молекуле гипофосфита на гидроксогруппу из воды:

$$H_2PO_{2адс}{}^- + OH^-_{адс} \rightarrow H_2PO_3^- + H_{адс} + e$$

Далее образующиеся при этом электрон и адсорбированный атом водорода взаимодействуют с ионом водорода по реакции:

$$H_{адс} + e + H^+_{адс} \rightarrow H_2$$

Суммарно это взаимодействие гипофосфита с водой соответствует уравнению:

$$H_2PO_{2адс}{}^- + H_2O_{адс} \rightarrow H_2PO_3^- + H_2$$

В условиях щелочной среды (pH> 9) образующиеся при окислении гипофосфита в фосфит электрон и атом водорода из связи P - H, взаимодействуя с водой, приводят к воссоединению ионов противоположны знаков по типу электрохимической десорбции:

$$H_{адс} + e + H_2O_{адс} \rightarrow H_2 + OH^-$$

С учетом того, что вторая константа диссоциации иона фосфита достаточно велика, можно полагать, что воссоединение ионов противоположных знаков в нейтральные молекулы водорода непосредственно связано с диссоциацией этого иона. В этом случае реакция электрохимической десорбции может быть представлена уравнением:

$$H_2PO_{2адс}{}^- + H_{адс} + e \rightarrow H_2PO_3^{2-} + H_2$$

При наличии в растворе ионов никеля электроны восстанавливают их до металла:

$$Ni + 2e \rightarrow Ni$$

Суммарно реакцию восстановления ионов никеля гипофосфитом можно представить в виде следующих уравнений:

$$2H_2PO_{2адс}{}^- + 2H_2O + Ni^{2+} \rightarrow Ni + 2H_2PO_3^- + H_2$$

$$2H_2PO_{2адс}{}^- + 2OH^- + Ni^{2+} \rightarrow Ni + 2H_2PO_3^- + H_2$$

Процесс автокаталитического осаждения может осуществляться при наличии незначительных примесей других металлов (железа, алюминия, меди), инертных материалов (уголь) или никеля, которые играют роль инициатора (затравки) автокаталитического процесса. В опыте качестве инициатора первоначально использовали металлический никель, самопроизвольно выделившийся при несоблюдении технологического режима.

Значимым явилось исследование формы его использования. Первоначально вводили избыточное количество затравки в сухом состоянии. При этом, видимо, происходил процесс сорбция никеля на поверхности и в порах порошка, интенсивность очистки была низкой. Впоследствии было принято решение использовать суспензию с концентрацией металлического никеля 100 г/л. Зависимости эффективности очистки от объема вводимого инициатора в разные промежутки времени представлены на рисунке 1.

Наилучший результат очистки зафиксировали при количественным массовом соотношении инициатор:никель = 0,005:1. Достигаемые степени очистки (более 95%) недостаточны для очистки сточных вод до нормативных значений для сброса. Требуется доочистка, например, методом ионного обмена или мембранными методами.

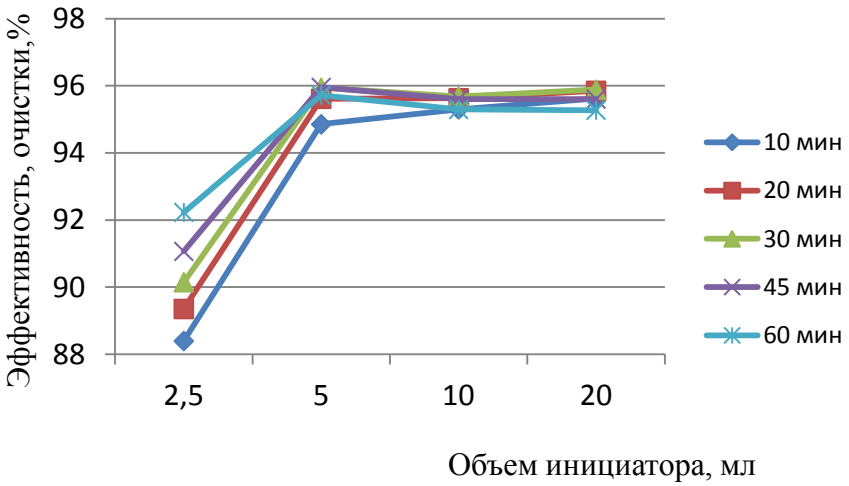



Рис. 1 – Зависимость эффективности очистки от количества инициатора

Наличие в рабочем растворе химического никелирования специальных добавок (ПАВ, комплексообразователей, лигандообразующих добавок) в высоких концентрациях оказывало значительное влияние на процессы агломерации образующегося металлического никеля. Анализ проводили с разницей в 15 дней от момента выделения осадка по интегральным и дифференциальным кривым (рис.2), образцы получили условные названия «свежий» и «старый».

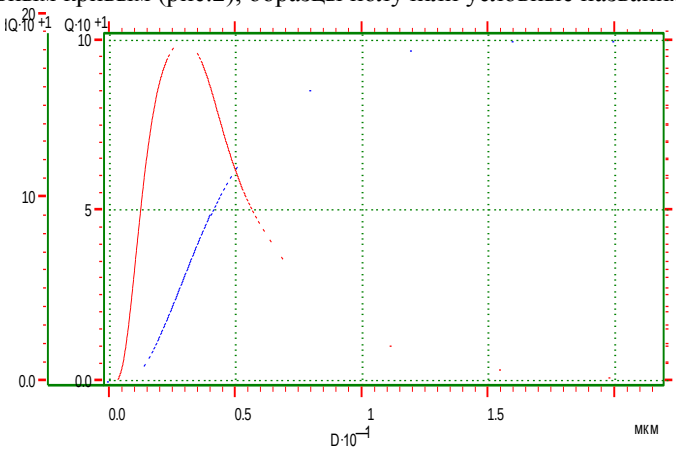
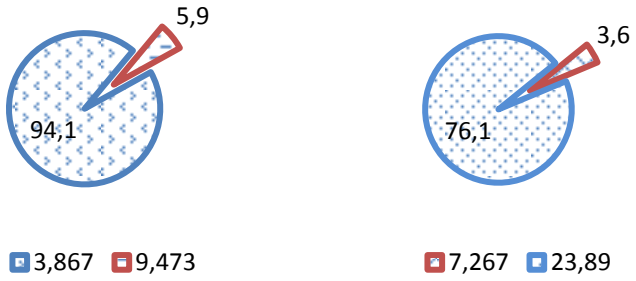



Рис.2 – График распределения частиц «свежего» образца по диаметрам

Средние размеры частиц различаются незначительно: для свежего – 4,631 мкм, для старого – 4,828 мкм. Однако распределение частиц по размерам заметно различается (рис. 3). Для свежего порошка имеются преимущественно мелкие частицы размером до 3,857 мкм, на долю которых приходится 94,10%. Крупные частицы (диаметром 9,473 мкм) успели образовать ассоциаты, но их доля менее 6%. С течением времени происходит агломерация частиц в более крупные, доля частиц со средним размером 7,267мкм возрастает до 76,1%, а крупные частицы (23,89 мкм) составляют 3,6%.




а б

Рис.3 – Распределение частиц (в %) в образцах порошков металлического никеля от их диаметра (в мкм): а – для свежего, б – для старого

Имеющие место процессы агломерации снижают каталитическую активность инициатора, поэтому необходимо использовать свежеосажденный порошок металлического никеля. Влияние ПАВ возможно минимизировать в случае использования разбавленных растворов.

Таким образом, исследования по автокаталитическому выделению ионов никеля из отработанных растворов химического никелирования позволили разработать экономичную малоотходную технологию очистки сточных вод с практически полным извлечением из них ионов никеля[11]. Предлагаемая технология обеспечивает :

высокую эффективность очистки сточных вод (99%);

отсутствие вторичного загрязнения воды;

создание системы оборотного водоснабжения - до 90 % оборотной воды;

возможность использования металлического никеля как вторичного материального ресурса.

**Список литературы / References**

1. Вышенков С.А. Химические и электрохимические способы осаждения металлопокрытий / С.А. Вышенков – М. : Машиностроениие, 2005 –273 с.

2. Останин А.Н. Шемель И.Г. Снижение экологического риска загрязнения никелем окружающей среды / А.Н. Останин, И.Г. Шемель // Техногенные системы и экологический риск : Тезисы докладов XII Региональной научной конференции. Обнинск, 2015. – С. 67-69.

3. РФ Патент 2010012 Способ очистки сточных вод от никеля [Электронный ресурс]// Бушковский А.Л.; Кармадонов Л.Н.; Бордунов В.В., патентообладатель: Научно-внедренческое предприятие "Эчтех" // URL: http://www.ntpo.com/patents_water/water_1/water_778.shtml (дата обращения 18.10.17)

4. РФ Патент 2066707 Способ утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования [Электронный ресурс]/ патентообладатель Научно-исследовательский технологический институт автоматизации производства // URL: http://www.freepatent.ru/patents/2066707 (дата обращения 03.09.17)

5. Хазель М.Ю. Процессы комплексообразования в фазе полиамфолитов при сорбции ионов никеля из сложных многокомпонентных растворов / М.Ю. Хазель, В.Ф. Селеменев В.Ф., О.В. Слепцова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия.Биология.Фармация.–2008.–№ 1. – С. 55-63.

6. Лобанова Л.Л. Технология утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования и ванн улавливания: Автореферат дис….канд.техн.наук: 05.17.03. – Киров, 2004. – 17с.

7. Кузьмин Д.В. Сорбция цветных металлов из пульп хелатонами / Д.В. Кузьмин, Кузьмин В.И. // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. –2013. –Т.6, N2.– С. 151-157.

8. Ковчур А.С. Применение металлической стружки для цементационного извлечения никеля из отходов гальванических производств / А. С. Ковчур, Р. А. Москалец // Вестник Витебского государственного технологического университета,2012. – № 22. – С. 124-129

9. Останин А.Н. Особенности аналитического определения содержания никеля в присутствии железа / А.Н. Останин, И.Г. Шемель // Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. М., Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.– Т.2.–С.236-239.

10. Вансовская К.М. Металлические покрытия, нанесенные химическим способом / К.М. Вансовская; под ред. П.М. Вячеславовича – Л., Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 103с.

11. Останин А.Н. Эколого-экономические аспекты технологии извлечения никеля из отработанных растворов химического никелирования [Электронный ресурс] / А.Н. Останин, И.Г. Шемель // Электронный научный журнал «EUROPEAN STUDENT SCIENTIFIC JOURNAL» **Издательств** Академия естествознания,Москва,2015.– N1. – URL: http://sjes.esrae.ru/23-318 (дата обращения 02.09.17)

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Vyshenkov S.A. Ximicheskie i elektroximicheskie sposoby osazhdeniya metallopokrytij [Chemical and electrochemical methods of deposition of metal coatings] / S.A. Vyshenkov – M. : Mashinostroeniie, 2005 –273 p. [in Russian]

2. Ostanin A.N. Shemel I.G. Snizhenie ekologicheskogo riska zagryazneniya nikelem okruzhayushhej sredy [Reduction of environmental risk of contamination with Nickel environment] / A.N. Ostanin, I.G. Shemel // Technogenic systems and environmental risk : Abstracts of XII Regional scientific conference. Obninsk, 2015. – PP. 67-69. [in Russian]

3. RF Patent 2010012 Sposob ochistki stochnyx vod ot nikelya [Transceiver] [Electronic resource] / /Bushkovskij A.L.; Karmadonov L.N.; Bordunov V.V., patentoobladatel: Nauchno-vnedrencheskoe predpriyatie "Echtex" // URL: http://www.ntpo.com/patents_water/water_1/water_778.shtml (accessed date 18.10.17). [in Russian]

4. RF Patent 2066707 Sposob utilizacii nikelya iz otrabotannyx rastvorov ximicheskogo nikelirovaniya [Transceiver] [Electronic resource] /patentoobladatel Nauchno-issledovatelskij texnologicheskij institut avtomatizacii proizvodstva // URL: http://www.freepatent.ru/patents/2066707 (accessed date 03.09.17). [in Russian]

5. Xazel M.Yu. Processy kompleksoobrazovaniya v faze poliamfolitov pri sorbcii ionov nikelya iz slozhnyx mnogokomponentnyx rastvorov [Processes in the phase polyampholyte in the sorption of Nickel ions from complex multicomponent solutions ]/ M.Yu. Xazel, V.F. Selemenev V.F., O.V. Slepcova // Herald of the Voronezh state University. Series Chemistry.Biology.Pharmacy–2008.–№ 1. – PP. 55-63. [in Russian]

6. Lobanova L.L. Texnologiya utilizacii nikelya iz otrabotannyx rastvorov ximicheskogo nikelirovaniya i vann ulavlivaniya [Technology of recycling of Nickel from waste solutions of chemical Nickel plating and baths capture]: Avtoreferat dis…. PhD in Engineering – Kirov, 2004. – 17p. [in Russian]

7. Kuzmin D.V. Sorbciya cvetnyx metallov iz pulp xelatonami [Sorption of non-ferrous metals from pulps by helloname ]/ D.V. Kuzmin, Kuzmin V.I. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry.–2013. –T.6, N2.– PP. 151-157. [in Russian]

8. Kovchur A.S. Primenenie metallicheskoj struzhki dlya cementacionnogo izvlecheniya nikelya iz otxodov galvanicheskix proizvodstv [The Use of metal for the cementation of extraction of Nickel from waste galvanic production] / A. S. Kovchur, R. A. Moskalec //Vestnik of Vitebsk state technological University,2012. – № 22. – PP. 124-129. [in Russian]

9. Ostanin A.N. Osobennosti analiticheskogo opredeleniya soderzhaniya nikelya v prisutstvii zheleza [The characteristics of the analytical determination of Nickel in presence of iron] / A.N. Ostanin, I.G. Shemel // High technologies in instrument and mechanical industries and development of innovation activities at the University. Materials of all-Russian scientific-technical conference. M., Ed. MGTU im. N. Uh. Bauman, 2014.– T.2.–PP.236-239. [in Russian]

10. Vansovskaya K.M. Metallicheskie pokrytiya, nanesennye ximicheskim sposobom [Metal coating, applied by chemical method]/ K.M. Vansovskaya; pod red. P.M. Vyacheslavovicha – L., Mechanical engineering, leningr.office, 1985 – 103p. [in Russian]

11. Ostanin A.N. Ekologo-ekonomicheskie aspekty texnologii izvlecheniya nikelya iz otrabotannyx rastvorov ximicheskogo nikelirovaniya [Elektronnyj resurs] Ecological and economic aspects of the technology of extraction of Nickel from waste solutions chemical Nickel plating [Electronic resource]/ A.N. Ostanin, I.G. Shemel // Electronic scientific journal "EUROPEAN STUDENT SCIENTIFIC JOURNAL" Publishers of the Academy of natural Sciences,Moscow,2015.– N1. – URL: http://sjes.esrae.ru/23-318 (accessed date 02.09.17) [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.080**

**Юркова О.Н.**
ORCID: 0000-0002-0177-2868, кандидат экономический наук
Брянский государственный инженерно-технологический университет

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА АГРОПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ OLAP

***Аннотация***

*Работа посвящена изучению особенностей построения систем автоматизированного мониторинга агропредприятия. Мониторинг рассматривается как важная составляющая системы управления, которая включает сбор и аналитическую обработку больших объемов неструктурированной информации. Описывается применение OLAP-технологии в многомерных информационно-аналитических моделях для реализации многошаговых аналитических методик и* краткая *программная реализация системы автоматизированного мониторинга. Предложены принципы построения систем автоматизированного мониторинга и общая архитектура программного компонента.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система, мониторинг, технология OLAP, хранилище данных.

**Yurkova O.N.**
ORCID: 0000-0002-0177-2868, PhD in Economy
Bryansk State Engineering and Technology University

## DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATED MONITORING OF AGRICULTURAL ENTERPRISES BASED ON OLAP TECHNOLOGY

***Abstract***

*This work is devoted to the study of features of the construction of automated monitoring systems for agricultural enterprises. Monitoring is considered as an important component of the management system, which includes the collection and analytical processing of large amounts of unstructured information. The application of OLAP-technology in multidimensional information-analytical models for the implementation of multi-step analytical techniques and a brief software implementation of the automated monitoring system are described. The principles of constructing automated monitoring systems and the general architecture of the software component are proposed.*

**Keywords:** automated system, monitoring, OLAP technology, data store.

Одна из основных проблем предприятий агросферы - выбор эффективной системы управления. Сегодня большинство руководителей используют традиционные модели стратегического управления, а основными показателями эффективности деятельности остаются финансовые. Именно такая система подвергается критике

западных экономистов через ретроспективный характер, что позволяет достигать краткосрочных целей развития, но не дает возможности получить конкурентные преимущества в долгосрочной перспективе. Исходя из вышеизложенного, считаем актуальным вопрос внедрения автоматизированной системы на основе сбалансированной системы показателей в деятельность сельскохозяйственных предприятий.

Актуальная тема использования внутренних резервов агропредприятия, которая неразрывно связана с его производственно-экономическим потенциалом и возможностью его повышения рассмотрены в статье А.Д. Шафронова и О.Н. Юрковой [1, С. 2], где подчеркивается, что «производственно-экономический потенциал предприятия – это его возможность получить определенный объем валовой продукции, валового дохода и прибыли на основе полного и рационального использования имеющихся ресурсов».

«Необходимость применения мер по созданию интегрированной системы сбора, накопления, анализа и интерпретации информации о деятельности и направлениях развития процессов в работе предприятия, отличной от традиционной системы статистической информации…» рассматривается в монографии В.Ф. Стукача и Е.В. Коваленко. Там же делается вывод, что этим требованиям отвечает разрабатываемая в последние годы система сбора и обработки информации о хозяйствующем субъекте – мониторинг [2, С. 17-20].

В монографии «Мониторинг развития крестьянских хозяйств. Динамика, адаптация к рынку, методы мониторинга» авторы описывают «… актуальность разработки методов и средств мониторинга адаптации агротоваропроизводителей к условиям конкурентной среды, в том числе средствами организации и управления производством, направленными на поддержание постоянного соответствия спроса и предложения на продукцию и услуги» [2, С. 11]. Отмечается, что эти направления слабо разработаны в агроэкономической науке.

Таким образом, четко прослеживается необходимость разработки и внедрения системы автоматизированного мониторинга различных показателей работы агропредприятия. Экономический мониторинг предприятий – это постоянное комплексное наблюдение за процессом их функционирования и выявления тенденций их экономического поведения, обусловленных системными изменениями, мерами экономической политики [3, С. 98]. Технология OLAP позволяет усовершенствовать методы мониторинга, в частности перевести их на качественно более высокий уровень. При этом практическую значимость и актуальность приобретают автоматизированное проектирование структуры данных, организация процесса автоматизированного занесения информации в базу данных (БД) для её последующего анализа. Представление данных в удобном виде для пользователя.

Применение OLAP-технологии снимает многие проблемы при условии разработки новых методов, позволяющих строить комплексы взаимосвязанных многомерных информационно-аналитических моделей для реализации многошаговых аналитических методик. Термин OLAP очень тесно связано с термином «хранилища данных». Технические вопросы разработки хранилищ данных достаточно широко освещены в литературе. Исторически сложилось так, что наибольшее применение хранилища данных получили в финансово-промышленной сфере. Однако в последнее время наблюдается развитие применения хранилищ данных в других областях деятельности [3, С. 100], [4, С. 7].

В качестве конечного результата была разработана система автоматизированного мониторинга агропредприятия. Основой системы является хранилище данных, которое является источником для кубов OLAP. Основная часть данных попадает в хранилище из оперативной базы бухгалтерского учета, а некоторые данные – из других источников. В систему попадают сведения об валовой и чистом доходе, себестоимости, единицы продукции, урожайности, продуктивности и других показателях по различным направлениям агродеятельности. Интегрируются данные о таких видах направленности агропредприятия, как производство зерна, картофеля,

откорм КРС и др. Программная реализация системы автоматизированного мониторинга основана на принципах построения подобных систем мониторинга социально-экономических объектов. Учитывая и обобщая существующие тенденции и подходы к решению задачи мониторинга сложной социально-экономической системы, можно предложить следующую эталонную модель мониторинга и оценивания деятельности агропредприятия (рис.1).

Администрация (руководство) агропредприятия устанавливает миссию, стратегию, и планы, определяет цели функционирования системы и соответствующие результаты, отображающие достижения целей. Основываясь на целях и результатах, должны определяться показатели эффективности [6, С. 118]. Формирование системы показателей эффективности является важной составляющей процесса мониторинга, поскольку определяет источники данных и методы сбора информации, а также способы оценивания [10, С. 113]. В формировании множества показателей должны участвовать эксперты и аналитики, поскольку этот процесс требует анализа целей и соответствующих результатов. Обоснование каждого показателя должно доказывать, что он действительно характеризует результат функционирования системы.

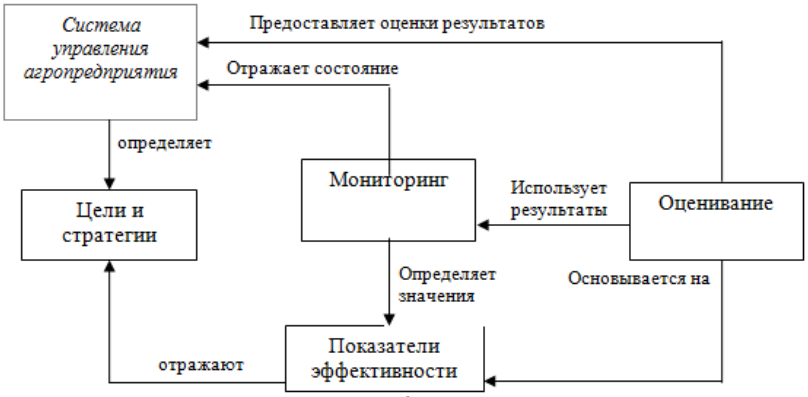



Рис. 1 – Эталонная модель системы автоматизированного мониторинга агропредприятия

Мониторинг, как компонент эталонной модели, предоставляет данные, отражающие значение показателей [9, С. 50]. Эти данные собираются из определенных источников. Они могут собираться вручную или с помощью автоматизированных средств [5, С. 121-122]. Оценивание должно осуществляться на основе соответствующих моделей, которые, с одной стороны, обосновывают полученные оценки, а с другой – отражают результаты и степень достижения целей на основе системы показателей эффективности функционирования системы.

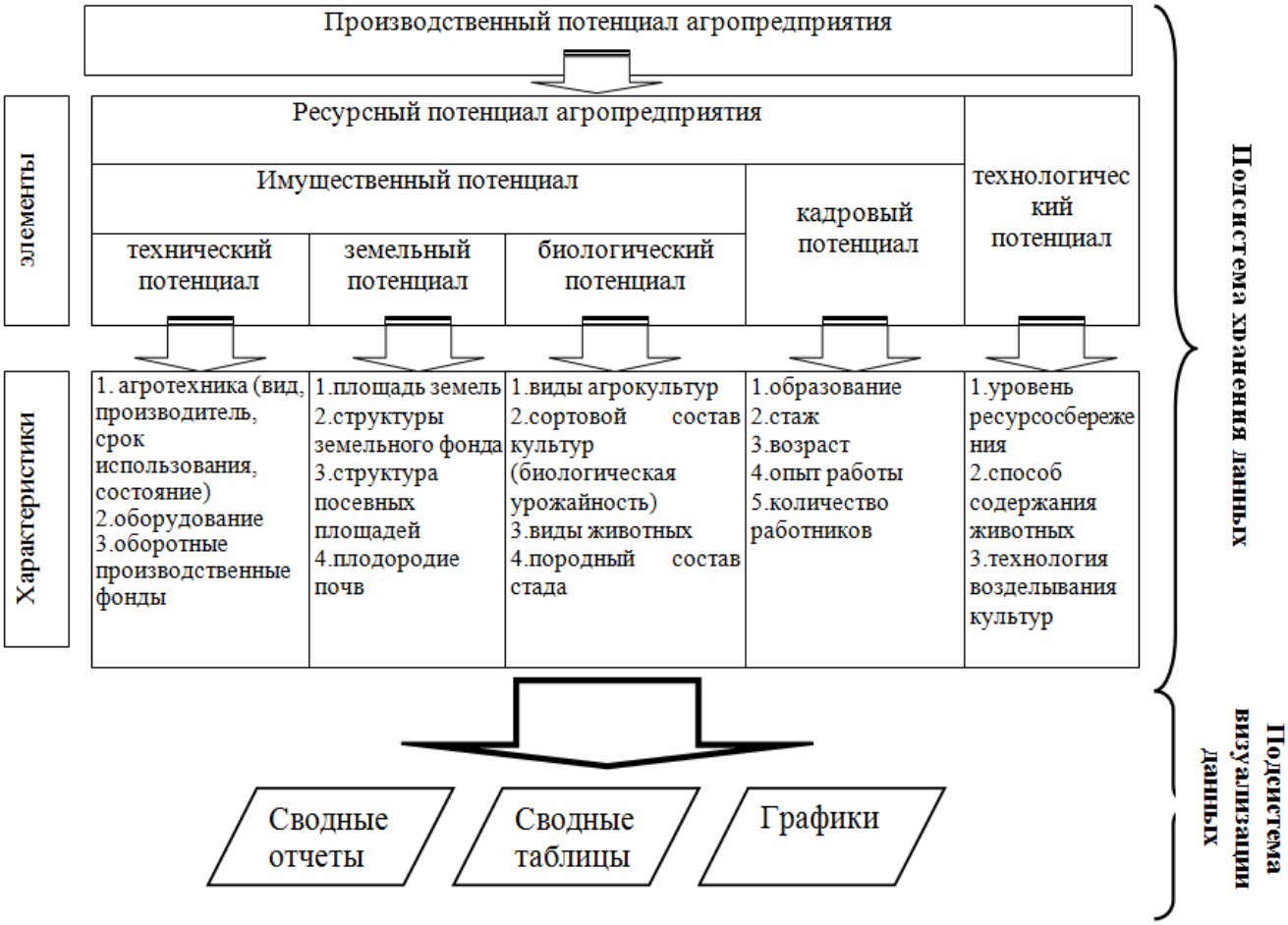



Рис. 2 – Архитектура системы автоматизированного мониторинга агропредприятия

В качестве индикаторов мониторинга используются следующие показатели:

- площадь сельскохозяйственных угодий, га
- энергообеспеченность, л.с./1 га;
- энерговооруженность, л.с./1 чел.;
- фондовооруженность, тыс. руб./ 1 чел.;
- фондообеспеченность, тыс. руб./ 1 га;
- износ основных фондов, %;
- количество работников в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, чел.;
- среднемесячная оплата труда одного сельскохозяйственного работника, тыс. руб.;
- коэффициент распаханности сельскохозяйственных угодий;
- приходится голов КРС на 100 га сельскохозяйственных угодий, гол.;
- приходится свиней на 100 га пашни, гол.;
- выручка в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий;
- прибыль в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий;
- урожайность основной культуры в растениеводстве;
- продуктивность животных (по основному виду продукции животноводства);
- изменение трудоёмкости производства сельскохозяйственной продукции;
- материалоотдача;
- фондоотдача (по выручке от продажи);
- изменение собственного капитала.

Для принятия оптимальных управленческих решений интегрированная программная система управления должна отслеживать все процессы, происходящие на агропредприятии и иметь средства для комплексного многомерного анализа данных [8, С. 222], определения динамики, тенденций, закономерностей и новых знаний. Результаты многомерного анализа в виде агрегатных сведений предназначены для руководителей на различных уровнях иерархии управления [7, С. 224]. Дальнейшее развитие предложенной системы автоматизации мониторинга агропредприятия предполагается путем включения модулей интеллектуального анализа данных. Разработанные модули позволят

выявлять неявные закономерности, происходящие в предметной области. Имитационный модуль позволит прогнозировать различные показатели, в зависимости от влияния факторов окружающей среды.

**Список литературы / References**

1. Шафронов А.Д. Оценка эффективности сельскохозяйственного предприятия/ А.Д. Шафронов, О.Н. Юркова // Аграрная наука, 2008 - № 4. С. 2-4.

2. Стукач В.Ф. Мониторинг развития крестьянских хозяйств. Динамика, адаптация к рынку, методы мониторинга: монография / В.Ф. Стукач, Е.В. Коваленко // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Dudweiler Landstr.99, 66123 Saarbrucken, Germany, 2011г. - 168с.

3. Копелиович Д.И. Принципы построения автоматизированных систем мониторинга социально-экономических объектов / Копелиович Д.И., Юркова О.Н.//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика, 2015- № 1 - С. 98-104.

4. Шевяков А.Ю. Социально-экономический мониторинг: концепция, проблемы, перспективы / А.Ю. Шевяков, Г.Б. Клейнер // Экономика и математические методы. – 1993. – Т. 29. – Вып. 1. – С. 7.

5. Барсегян А.А. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И // СПб.: БХВ-Петербург, 2007.– 384 с.: ил.

6. Карибский А.В. Модели и методы управления бизнес-процессами развития технико-экономических систем / Карибский А.В., Шестаков Н.В. // Автоматика и телемеханика, 1999. - №6. – С. 117-129.

7. Евельсон, Л.И. Исследование и оптимизация производственных процессов с помощью вычислительного эксперимента / Л.И. Евельсон, А.Н. Заикин, Е.Г. Рыжикова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник начн. трудов по материалам междунар. заочн. начно-практич. конф. – Воронеж: ВГЛТА, 2015. - №2 ч.1. – с. 220-224

8. Кравцов Д.В. Автоматизированная система для построения онтологий предметных областей / Кравцов Д.В., Коростелёв Д.А., Юркова О.Н.// МОНИТОРИНГ. Наука и Технологии, 2017. № 1 (30). – С. 46-50

9. Копелиович, Д.И. Функциональное моделирование процесса мониторинга данных/Копелиович Д.И., Рыженков Д.А.//Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 1. С. 49-53.

10. Аверченков, В.И. Мониторинг и системный анализ информации в сети Интернет: монография / Аверченков, В.И., Рощин, С.М. //Брянск: БГТУ, 2006. - 160 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Shafronov A.D., Jurkova O.N., Ocenka jeffektivnosti sel'sko-hozjajstvennogo predprijatija [Evaluation of the effectiveness of the agricultural enterprise] / A.D. Shafronov, O.N. Jurkova // Agrarnaja nauka [Agrarian Science]. 2008 - № 4. P. 2-4. [in Russian]

2. Stukach V.F. Monitoring razvitija krest'janskih hozjajstv. Dinamika, adaptacija k rynku, metody monitoringa: monografija [Monitoring the development of peasant farms. Dynamics, adaptation to the market, monitoring methods: monograph] / V.F. Stukach, E.V. Kovalenko // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG Dudweiler Landstr.99, 66123 Saarbrucken, Germany, 2011 - 168 P.

3. Kopeliovich D.I. Principy postroenija avtomatizirovannyh sistem monitoringa social'no-jekonomicheskih ob#ektov [Principles of constructing automated monitoring systems for socio-economic objects] / D.I. Kopeliovich, O.N. Jurkova // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series : Management, Computer Science and Informatics], 2015. № 1. P. 98-104. [in Russian]

4. Shevjakov A.Ju. Social'no-jekonomicheskij monitoring: koncepcija, problemy, perspektivy [Socio-economic monitoring: concept, problems, prospects]/ A.Ju. Shevjakov, G.B. Klejner // Jekonomika i matematicheskie metody [Economics and Mathematical Methods]. – 1993. – T. 29. – V. 1. – P. 7. [in Russian]

5. Barsegjan A.A. Tehnologii analiza dannyh. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Technologies of data analysis. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP] / A.A. Barsegjan, M.S. Kuprijanov, V.V. Stepanenko, I.I. Holod // – SPb.: BHV-Peterburg, 2007.– 384 P. [in Russian]

6. Karibskij A.V. Modeli i metody upravlenija biznes-processami razvitija tehniko-jekonomicheskih sistem [Models and methods of management of business processes of development of technical and economic systems ] / A.V. Karibskij, N.V. Shestakov // Avtomatika i telemehanika [Automation and telemechanics ]. – 1999. - №6. – P. 117-129. [in Russian]

7. Evel'son, L.I. Issledovanie i optimizacija proizvodstvennyh processov s pomoshh'ju vychislitel'nogo jeksperimenta / L.I. Evel'son, A.N. Zaikin, E.G. Ryzhikova [Research and optimization of production processes using a computational experiment] // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika: sbornik nachn. trudov po materialam mezhdunar. zaochn. nachno-praktich. Konf [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: the collection of beginnings. works on the materials of the international. extramural. nachno-praktich. Conf.]. – Voronezh: VGLTA, 2015. - №2 ch.1. – P. 220-224. [in Russian]

8. Kravcov D.V. Avtomatizirovannaja sistema dlja postroenija ontologij predmetnyh oblastej [Automated system for constructing ontologies of subject areas]/ D.V. Kravcov, D.A. Korosteljov, O.N. Jurkova // MONITORING. Nauka i Tehnologii [MONITORING. Science and Technology]. – 2017. № 1 (30). – P. 46-50. [in Russian]

9. Kopeliovich D.I. Funkcional'noe modelirovanie processa monitoringa dannyh [Functional modeling of the data monitoring process] / D.I. Kopeliovich, D.A. Ryzhenkov //Monitoring. Nauka i tehnologii [MONITORING. Science and Technology]. 2016 - № 1 - P. 49-53. [in Russian]

10. Averchenkov V.I. Monitoring i sistemnyj analiz informacii v seti Internet: monografija. Brjansk: BGTU [Monitoring and system analysis of information on the Internet: monograph. Bryansk: BSTU] / V.I. Averchenkov, C.M. Roshhin// 2006. - 160 P. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.160**

**Ястребинский Р.Н.**
ORCID: 0000-0002-6413-0002, кандидат физико-математических наук, профессор,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*Работа выполнена в рамках программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова*

# ТЕРМОДИФФУЗИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРОБИ ГИДРИДА ТИТАНА

***Аннотация***

*В работе исследованы термодиффузии кислорода в поверхностные и глубинные слои дроби гидрида титана при максимальных температурах окисления. На основании проведенных исследований установлено, что при высокотемпературной обработке дроби гидрида титана кислород концентрируется в поверхностных слоях дроби. Глубина термодиффузии кислорода составляет не более 120-125 мкм. Процессы окисления при температуре 900 °С приводят к формированию в поверхностном слое гидрида титана плотной фазы рутила и упорядоченной структуры боросиликаната, затрудняющих дальнейшую термодиффузию кислорода в глубинные слои.*

**Ключевые слова:** дробь гидрида титана, окисление, термодиффузия, кислород, водород, защитный слой, электронно-зондовая микроскопия.

**Yastrebinsky R.N.**
ORCID: 0000-0002-6413-0002, PhD in Physics and Mathematics, Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*The work was carried out within the framework of the program for the development of the supporting university on the basis of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

# THERMODIFFUSION OF OXYGEN AND HYDROGEN IN THE MODIFIED FRACTION OF TITANIUM HYDRIDE

***Abstract***

*Thermodiffusion of oxygen into the surface and deep layers of the titanium hydride fraction at the maximum oxidation temperatures is investigated. On the basis of the conducted studies, it was established that oxygen is concentrated in the surface layers of the fraction during high-temperature treatment of the fraction of titanium hydride. The depth of thermal diffusion of oxygen is not more than 120-125 microns. Oxidation processes at a temperature of 900 °C lead to the formation of the dense phase of rutile and the ordered structure of borosilicate in the surface layer of titanium hydride, which hinders further thermal diffusion of oxygen into the deep layers.*

**Keywords**: fraction of titanium hydride, oxidation.

## Введение

Одним из перспективных направлений использования металлогидридных систем является биологическая защита от нейтронного излучения, в частности от быстрых нейтронов. В этом направлении наиболее перспективно использование гидрида титана в виде дроби, производство которой налажено в ВНИИНМ им. А.А. Бочвара и ФГУП ПО «Маяк», с массовой долей водорода до 3,6 %. Модифицирование дроби гидрида титана боросиликонатами из растворов или ионо-плазменное магнетронное напыление металлического титана позволяет значительно уменьшить дефектность поверхностной структуры дроби (микротрещины поверхности) и увеличить ее термостабильность вплоть до 700 °С [1-4].

Рабочие условия эксплуатации биологической защиты предполагают воздействие на них значительных поглощенных доз ионизирующего излучения, сопровождающееся радиационно-термическим нагревом защитных материалов. Термостабильность дроби гидрида титана, как основного материала биологической защиты, обусловлена начальной температурой термодиффузии из нее водорода, а также термоокислительными процессами ее поверхностных слоев за счет окисления металлического титана и перехода гидридной фазы в фазу рутила по схеме:

$$Ti, TiH_x \xrightarrow{400^0C} Ti, TiH_x, TiO \xrightarrow{750^0C} Ti, TiO \xrightarrow{900^0C} TiO_2$$

Уже при стандартных условиях на поверхности гидрида титана довольно быстро формируется пленка оксида до 2 нм, защищающая его от дальнейшего окисления и по составу соответствующая оксиду титана. Дальнейшее окисление титана в стандартных условиях практически не происходит [5].

Сродство титана к кислороду при повышенных температурах (более 400 °С) приводит к интенсивному поглощению кислорода, а при температурах свыше 800 °С происходит интенсивное поглощение азота. Дальнейшее повышение температуры приводит к резкому увеличению химической активности титана. При этом окислению титана свыше 800 °С препятствует защитная нитридная и оксидная пленка [6]. В гидридах, в частности в гидриде титана, увеличение температуры приводит к растворению оксидной пленки и термодиффузии водорода за счет процессов дегидрирования, а также окислению самого титана в виду термодиффузии кислорода. На поверхности металлогидрида образуется многослойный оксидный слой с постоянным протеканием между слоями обменных процессов, обусловленных непрерывным окислением металлического титана.

Проведенный термогравиметрический анализ показал наличие экзотермических и эндоэффектов в температурном интервале 450-900 °С, обусловленных процессами дегидрирования с максимумами при 557 °С и 732 °С, и термоокислением титана при 722 °С и 797 °С (соответственно, для не содержащей и содержащей модификационную оболочку дроби).

Согласно данным [7], содержание водорода в различных структурно-фазовых состояниях титана и его влияние на процессы охрупчивания различно. Так в α-титана процессы охрупчивания обусловлены в основном за счет

концентрирования водорода на границах зерен титана. В β-титане водород распределяется в объеме полностью и растворимость его значительно выше, что определяет меньшую охрупчиваемость гидрида.

В связи с этим представляет интерес исследование термодиффузии кислорода в поверхностных и глубинных слоях дроби гидрида титана при максимумах окислительных процессов при 850-900 °С. Согласно [8-10], кинетика взаимодействия чистого кислорода и кислорода воздуха с титаном при данной температуре практически одинакова.

**Методика эксперимента**

Исследование термодиффузии кислорода в поверхностные и глубинные слои дроби гидрида титана проводили в Центре коллективного пользования БГТУ им. В.Г. Шухова методом электронно-зондовой микроскопии (ЭЗМ) с помощью энергодисперсионного спектрометра X-MAX 50 Oxford Instruments, входящего в состав сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения TESCAN MIRA 3LMU (Чехия). С помощью последнего проводили исследование микроструктуры поверхности дроби гидрида титана.

**Результаты и их обсуждение**

На рисунках 1-3 показано, что глубина термодиффузии кислорода во внутренних слоях дроби гидрида титана при температурах 850-900 °С составляет 120-125 мкм как в модифицированной, так и не модифицированной дроби. С удалением от поверхности происходит непрерывное снижение содержание атомарного кислорода.

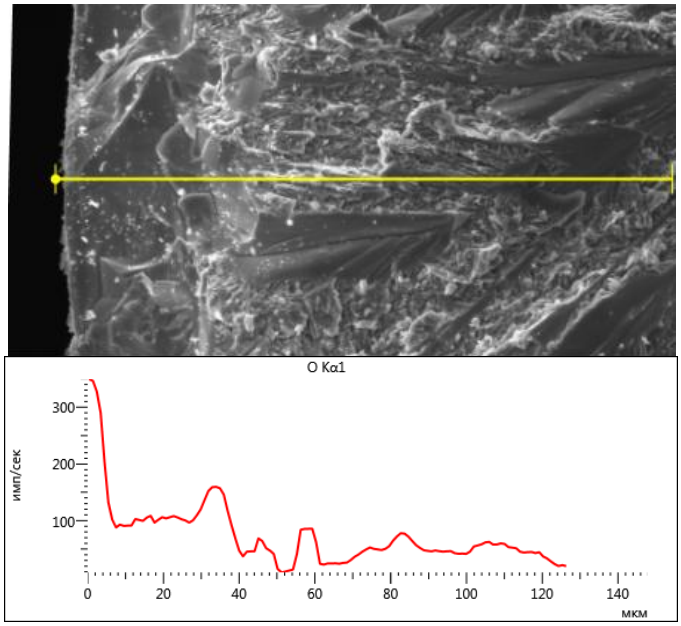
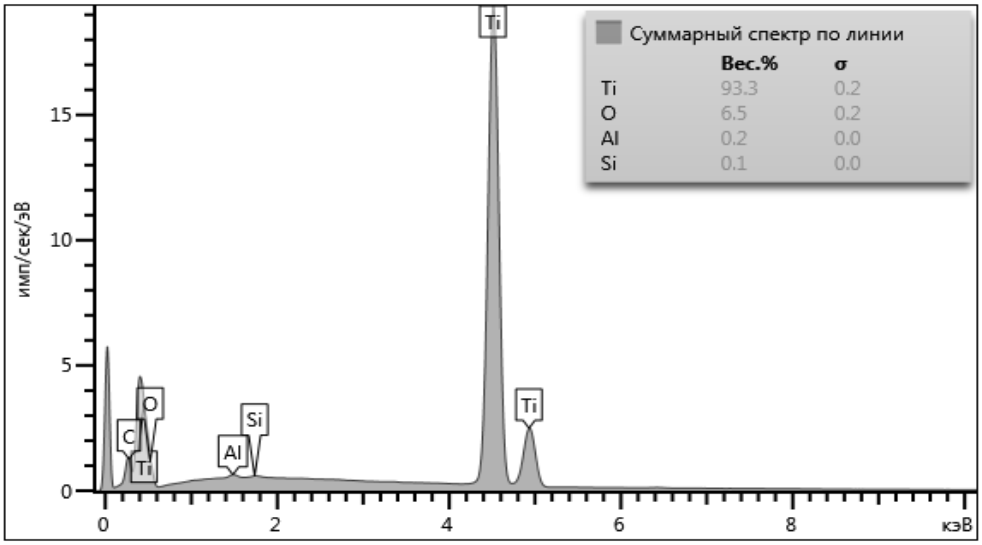



Рис. 1 – Глубина распределения атомарного кислорода в поверхностном слое не модифицированной дроби гидрида титана при 900 °С (ЭЗМ)




| Суммарный спектр по линии | Мас..% | Сигма мас..% | Атом. % |
|---|---|---|---|
| Ti | 93.50 | 0.19 | 82.70 |
| O | 6.50 | 0.19 | 17.30 |

Рис. 2 – Средняя концентрация атомов титана и кислорода при 900 °С в поверхностном слое не модифицированной дроби гидрида титана глубиной 125 мкм (ЭЗМ) (ЭЗМ)

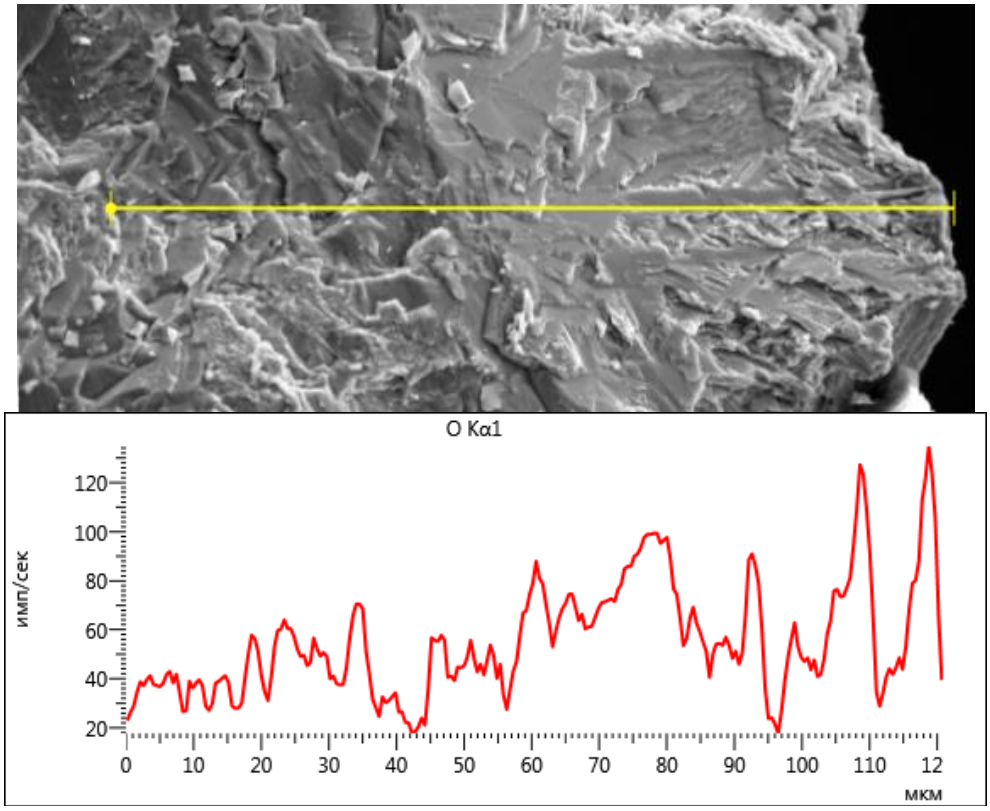
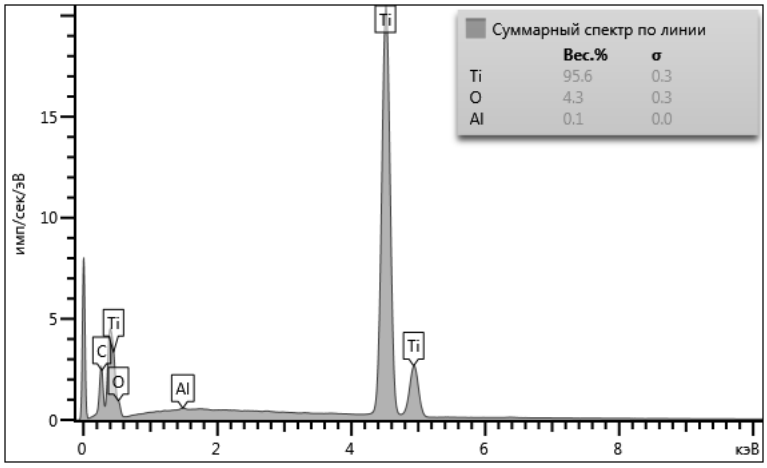



Рис. 3 – Глубина распределения атомарного кислорода в поверхностном слое модифицированной дроби гидрида титана при 900 °С (ЭЗМ)




| Суммарный спектр по линии | Мас..% | Сигма мас..% | Атом. % |
|---|---|---|---|
| Ti | 95.60 | 0.26 | 88.10 |
| O | 4.28 | 0.26 | 11.90 |

Рис. 4 – Средняя концентрация атомов титана и кислорода при 900 °С в поверхностном слое модифицированной дроби гидрида титана глубиной 120 мкм (ЭЗМ) (ЭЗМ)

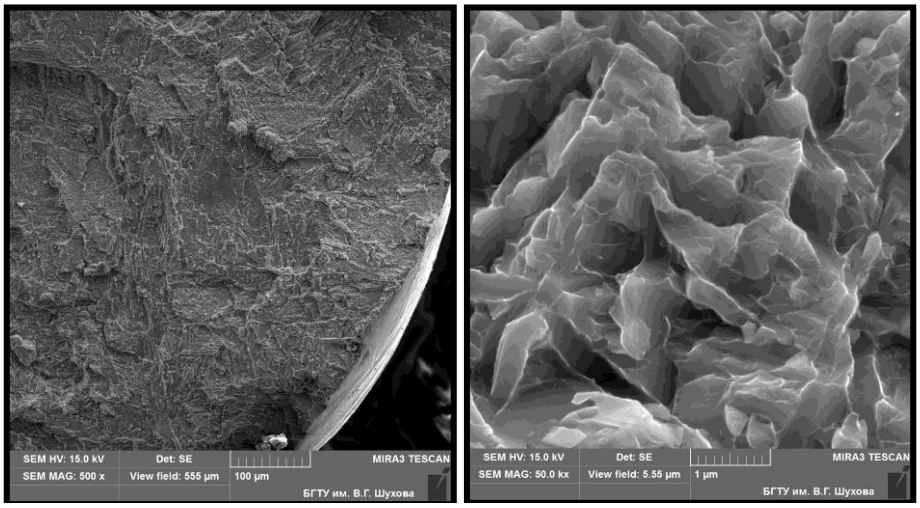
Анализ показывает, что атомное содержание кислорода в поверхностном слое не модифицированной дроби составляет ~17,30 %, а на глубине 100 мкм ~2,48 %. Для модифицированной дроби концентрация кислорода в поверхностном слое и на глубине 100 мкм составляет, соответственно, 11,90 и 1,80 атомных масс. %

За счет равномерного распределения в объеме, водород стабилизирует β-фазу титана, а кислород, таким образом, стабилизирует α-фазу, обладающую гексагональной решеткой с плотной упаковкой атомов. Таким образом, диффузия кислорода внутрь металлогидридного слоя будет затрудняться.

Пониженная концентрация кислорода в глубинных слоях модифицированной дроби обусловлена защитным механизмом модификационной оболочки, экранирующей металлогидридный микродефектный слой поверхности дроби.

Дополнительный механизм снижения диффузии кислорода в глубь модифицированной дроби гидрида титана заключается в следующем. Наличие градиентной концентрации атомов кислорода и водорода в дроби гидрида титана определяет направленность их потоков навстречу друг другу. В результате диффузный водород будет взаимодействовать с противотоком кислорода с образованием водяных паров, гидроксилирующих поверхность дроби с образованием групп дигидроксотитана.

При использовании боросиликонатной модификационной оболочки, за счет образования ассоциатов гидроксильных и силанолятных групп упорядоченность и прочность структуры будет повышаться (Рисунок 5). В связи с этим диффузия водорода или кислорода через такие структуры затрудняется. Возникающее равновесие в системе может быть нарушено за счет увеличения температуры.




а б

Рис.5. – Скол модифицированной боросиликонатом натрия дроби гидрида титана: *а* - увеличение в 500 раз*; б* - увеличение в 50000 раз

В случае наличия модификационной оболочки из напыленного титана, образующийся при окислении части металлического титана нанослой оксида титана состава рутила также защищает глубинные слои дроби от окисления.

**Вывод**

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что при высокотемпературной обработке дроби гидрида титана кислород концентрируется в поверхностных слоях дроби. Глубина термодиффузии кислорода составляет не более 120-125 мкм. Процессы окисления при температуре 900 °С приводят к формированию в поверхностном слое гидрида титана плотной фазы рутила и упорядоченной структуры боросиликаната, затрудняющих дальнейшую термодиффузию кислорода в глубинные слои.

**Список литературы / References**

1. Куприева О.В. Термодинамические расчеты термической диссоциации гидрида титана / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.- 2014.- № 5. -С.161-163.

2. Структурно-фазовая характеристика боросиликатного покрытия / Р.Н. Ястребинский, О.В. Куприева, Н.И. Черкашина // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология.- 2014.- Т. 57.- №. 9. -С. 11-16.

3. Modification of Titanium Hydride Surface with Sodium Borosilicate / V. I. Pavlenko, G. G. Bondarenko, O. V. Kuprieva, R. N. Yastrebinskii, N. I. Cherkashina // Inorganic Materials: Applied Research.- 2014.- Vol. 5.- No. 5.- pp. 494–497.

4. Defects in Modified Titanium Hydride Crystals Subjected to Heat Treatment / Pavlenko, V.I., Kuprieva, O.V.,Cherkashina, N.I.,Yastrebinskii, R.N.// Russian Physics Journal. -2015.- Volume 58.- Issue 5.- pp. 724-729.

5. Увеличение термостабильности металлогидрида методом ионно-плазменного вакуумного магнетронного напыления / Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ястребинский Р.Н., Демченко О.В. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования.- 2017.- № 2.- С. 82-86.

6. Study of the characteristics of neutron and Gamma radiation attenuation compositions based on titanium hydride / Yastrebinsky, R.N.,Pavlenko, V.I.,Cherkashina, N.I., Kuprieva, O.V. // Problems of Atomic Science and Technology.- 2015.- №2(96). -С. 84-88.

7. Расчет нейтронно-защитных свойств композиционного материала /Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ястребинская А.В., Толыпина Н.М. //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2016. -№ 11. -С. 164-167.

8. Ястребинская А.В., Карнаухов А.А. Физико-технические свойства диспергированной дроби гидрида титана / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2016.- № 12. -С. 183-187.

9. Ястребинская А.В. Формирование нанопокрытий тяжелых металлов на поверхности полимерной матрицы / В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды международная научно-техническая конференция. -2015. -С. 165-169.

10. Ястребинская А.В. Моделирование процессов прохождения электронов в полимерном композите / В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды международная научно-техническая конференция. -2015.- С. 170-175.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kuprieva O.V. Termodinamicheskie raschety termicheskoj dissociacii gidrida titana [Thermodynamic calculations of thermal dissociation of hydride titan]/ Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova [Messenger of the Belgorod state technological university of V.G. Shukhov].- 2014.- № 5.- S.161-163. [in Russian]

2. Strukturno-fazovaya harakteristika borosilikatnogo pokrytiya [Structural and phase characteristic of a borosilikatny covering]/ R.N. YAstrebinskij, O.V. Kuprieva, N.I. CHerkashina // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Himiya i

himicheskaya tekhnologiya [News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology].-2014.- T. 57.- №. 9.- S. 11-16. [in Russian]

3. Modification of Titanium Hydride Surface with Sodium Borosilicate / V. I. Pavlenko, G. G. Bondarenko, O. V. Kuprieva, R. N. Yastrebinskii, N. I. Cherkashina // Inorganic Materials: Applied Research.- 2014.- Vol. 5.- No. 5.- pp. 494–497. [in English]

4. Defects in Modified Titanium Hydride Crystals Subjected to Heat Treatment / Pavlenko, V.I., Kuprieva, O.V.,Cherkashina, N.I.,Yastrebinskii, R.N.// Russian Physics Journal. -2015.- Volume 58.- Issue 5.- pp. 724-729. [in English]

5. Uvelichenie termostabil'nosti metallogidrida metodom ionno-plazmennogo vakuumnogo magnetronnogo napyleniya [Increase in heat stability of metalhydride by method of ion-plasma vacuum magnetron dusting]/ Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Yastrebinskij R.N., Demchenko O.V. // Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniya [Surface. X-ray, synchrotron and neutron researches], 2017.- № 2.- S. 82-86. [in Russian]

6. Study of the characteristics of neutron and Gamma radiation attenuation compositions based on titanium hydride / Yastrebinsky, R.N., Pavlenko, V.I.,Cherkashina, N.I., Kuprieva, O.V. // Problems of Atomic Science and Technology.- 2015.- №2(96). -S. 84-88. [in English]

7. Raschet nejtronno-zashchitnyh svojstv kompozicionnogo materiala [Calculation of neutron and protective properties of composite material]/Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Yastrebinskaya A.V., Tolypina N.M. //Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova [Bulletin of the Belgorod state technological university of V.G. Shukhov]. -2016. -№ 11. -S. 164-167. [in Russian]

8. Yastrebinskaya A.V., Karnauhov A.A. Fiziko-tekhnicheskie svojstva dispergirovannoj drobi gidrida titana [Physics and technology properties of the dispersed hydride fraction the titan]/ Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova [Bulletin of the Belgorod state technological university of V.G. Shukhov]. -2016. -№ 12. -S. 183-187. [in Russian]

9. Yastrebinskaya A.V. Formirovanie nanopokrytij tyazhelyh metallov na poverhnosti polimernoj matricy [Formation of nanocoverings of heavy metals on a surface of a polymeric matrix]/ V sbornike: Ehnergo- i resursosberegayushchie ehkologicheski chistye himiko-tekhnologicheskie processy zashchity okruzhayushchej sredy mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya [In the collection: Power - and resource-saving environmentally friendly chemical and technological processes of environment protection the international scientific and technical conference]. -2015. -S. 165-169. [in Russian]

10. Yastrebinskaya A.V. Modelirovanie processov prohozhdeniya ehlektronov v polimernom kompozite [Modeling of processes of passing of electrons in a polymeric composite]/ V sbornike: Ehnergo- i resursosberegayushchie ehkologicheski chistye himiko-tekhnologicheskie processy zashchity okruzhayushchej sredy mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya [In the collection: Power - and resource-saving environmentally friendly chemical and technological processes of environment protection the international scientific and technical conference].- 2015. -S. 170-175. [in Russian]

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

*Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.*

***Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)** — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструментарий ScienceIndex.*

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS**

**DOI: https://doi.org/ 10.23670/IRJ.2017.65.012**

**А.В. Осадчий[1], Л.А. Савина[2], В.В. Савин[3]**
[1] Кандидат физико-математических наук, [2] кандидат технических наук, [3] доктор физико-математических наук
[1]Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук,
[2,3]Балтийский федеральный университет им. Э. Канта

*Работа выполнена при финансировании грантом РФФИ 15-02-09073 и Министерством образования и науки Российской федерации по Государственному заданию №16.4119.2017/ПЧ*

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОСКОПИИ ИНФРАКРАСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕИВАНИЯ СВЕТА В GASE ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ

***Аннотация***

*В данной работы мы проводили компьютерное моделирование спектроскопии инфракрасного поглощения и комбинационного рассеивания света в GaSe под действием гидростатического сжатия. В качестве подхода использовался метод, основанный на теории функционала электронной плотности (DFT). Колебательные свойства рассчитывались с использованием теории возмущений функционала электронной плотности (DFPT). Показано, что изменение величин сдвига полос КР от давления демонстрирует линейную зависимость. Рассчитаны скорости сдвига. Полученные данные хорошо согласуются с опубликованными экспериментальными результатами. Это позволяет рассматривать данный подход в качестве перспективного для исследования подобных материалов и может привести, в перспективе для расширения области применимости селенида галлия в качестве нелинейно оптического элемента путем точной подстройки свойств, при помощи гидростатического сжатия.*

**Ключевые слова** GaSe, селенид галлия, инфракрасное поглощения, комбинационное рассеивание света, моделирование, функционал электронной плотности.

**A.V. Osadchiy[1], L.A. Savina[2], V.V. Savin[3]**
[1]PhD in Physics and Mathematics, [2]PhD in Engineering, [3]PhD in Physics and Mathematics,
[1]Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences,
[2,3]Immanuel Kant Baltic Federal University

*This work was carried out with funding from the RFBR grant 15-02-09073 and the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for State assignment No. 16.4119.2017 / IF*

# COMPUTER SIMULATION OF SPECTROSCOPY OF INFRARED ABSORPTION AND RAMAN SCATTERING OF LIGHT IN GASE UNDER THE INFLUENCE OF HYDROSTATIC COMPRESSION

***Abstract***

*The paper contains the results of computer simulation of infrared absorption spectroscopy and Raman scattering of light in GaSe under hydrostatic compression. The theory of the electron density functional was used as the main approach. The oscillatory properties were calculated using the perturbation theory of the electron density functional. It is shown that Raman scattering values change from pressure and show linear dependence. The shear rates are calculated. The obtained data are in accord with the published experimental results. This enables us to consider this approach as promising for the study of such materials and may lead, in the long term, to expanding the field of applicability of gallium selenide as a non-linear optical element by fine tuning the properties with the help of hydrostatic compression.*

**Keywords:** GaSe, gallium selenide, infrared absorption, Raman scattering, simulation, electron density functional.

## Введение

Селенид галлия является представителем слоистых полупроводников группы III-VI. Материал был открыт в 1930 году [1, С. 393], [2, С. 666], [3, С. 45-64], но значительное внимание исследователей стал привлекать только начиная с 1950 года [4, С. 538], [5, С. 604-605]. Наряду с другими аналогичными структурами, такими как GaS и InS, он достаточно широко используется в лазерной технике в качестве нелинейно оптического элемента. Например, в качестве генератора второй гармонике в $CO_2$ лазере [6, С. 773-775], [7, С.47-102], [8, С. 125302]. Это обуславливается его ярко выраженными нелинейно оптическими свойствами. В тоже время, несмотря на большое время, прошедшее с момента открытия, практическое применение не настолько широко как можно было бы ожидать. В области экспериментального и теоретического исследования данного материала также остаются белые пятна. В последнее время, благодаря открытию и значительному прогрессу в области изучения графена (одиночного слоя графита), материалы на основе слоистых полупроводников снова попадают в фокус работ научных групп. Начинают разрабатываться направления по точной подстройке оптических свойств подобных структур для расширения области из практического применения. Слоистая структура GaSe позволяет относительно легко производить отщепление отдельных слоев, позволяя наблюдать размерные эффекты в оптических и электронных свойствах [9, С. 085314]. Новые результаты экспериментальных [10, С. 141-145], [11, С. 193403], [12, С. 035407], [13, С. 116802] и теоретических исследований [14, С. 110-113], [15, С. 1472-1475], [16, С. 1700120] были опубликованы в последнее время. Вновь возникший интерес выявил необходимость простой идентификации исследуемых образцов. Одним из перспективных методов, является комбинационное рассеивание света. В тоже время для ее широкого практического применения оказывается полезным проведение теоретических исследований, позволяющих предсказывать изменения спектров в зависимости от числа слоев и приложенного гидростатического сжатия в образцах GaSe. Это направление является основной целью данной работы в которой было проведено моделирование спектроскопии инфракрасного поглощения и комбинационного рассеивания света в GaSe при варьировании числа слоев и под действием гидростатического сжатия при помощи методов, основанных на теории функционала электронной плотности.

**Методы**

Моделирование проводилось с использованием метода, основанного на теории функционала электронной плотности (DFT) [17, С. 1045-1097], который был реализован в программном пакете QuantumEspresso [18, С. 395502]. Электронные волновые функции разлагались в базисе плоских волн. Для уменьшения размерности базиса применялся метод псевдопотенциала. При исследовании малоразмерных материалов применялся метод суперячейки с длиной вектора трансляции 1,5 нм для исключения взаимодействия между слоями. В качестве псевдопотенцила использовались сохраняющие нормировку потенциалы Пердью-Ванга (Perdew-Wang) [19, С. 13244–13249] в рамках приближении локальной плотности (LDA). В базисе учитывались плоские волны с энергиями менее 80 Ry. Энергия обрезания плотности заряда и потенциала была выбрана равной 480 Ry. Расчеты выполнялись с использованием двумерной точечной сетки электронных волновых векторов с общим количеством 144 точек, равномерно распределенных по первой зоне Бриллюэна. Оптимизация структуры проводилась с использованием метода, основанного на алгоритме Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno). Положения ионов варьировалось до состояния, где межатомные силы становятся меньше $10^{-4}$ Ry/au, а параметры элементарной ячейки варьировались до значений, при которых напряжение в ячейке становилось менее 0,5 Кбар. Метод, основанный на теории возмущений функционала плотности (DFPT) использовался для расчетов фононной структуры, частот инфракрасного поглощения, частот и интенсивностей нерезонансного комбинационного рассеивания света исследуемых материалов.

**Результаты и обсуждения**

Для проведения моделирования влияния гидростатического сжатия были оптимизированы геометрические конфигурации (параметры решетки и координаты атомов в базисе) для кристаллического GaSe при различных величинах давления. Зависимость параметра решетки от давления приведена на рисунке 1.

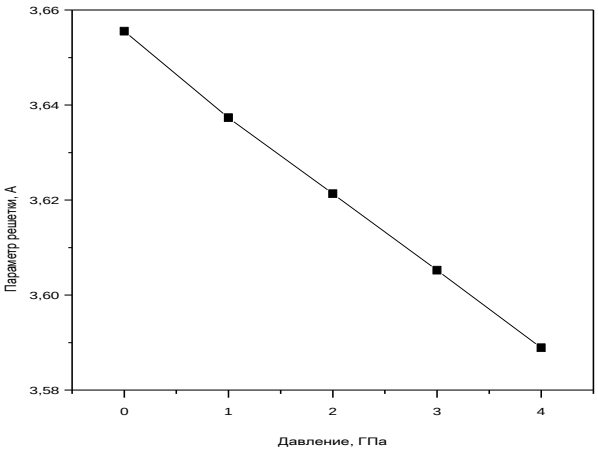



Рис. 1 – Зависимость параметра решетки кристаллического селенида галлия от величины гидростатического сжатия.

Приведенный график показывает линейный характер зависимости. Скорость изменения параметра решетки равна -0,017 А/ГПа.

Электронные дисперсионные зависимости для кристаллического селенида галлия, построенные по характерным высокосимметричным направлениям К-Г-М представлены на рисунке 2.

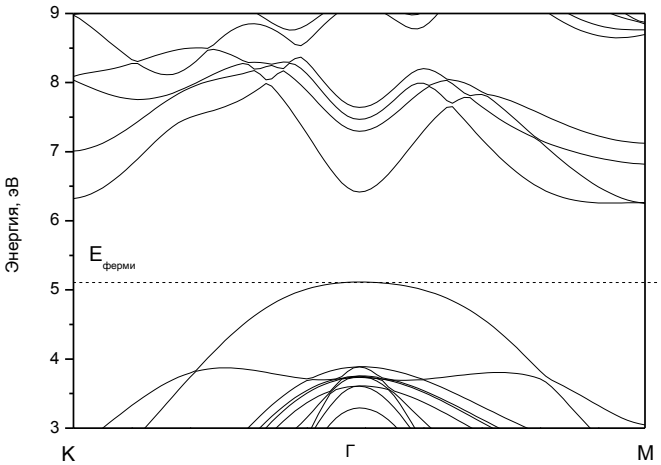



Рис. 2 – Зонная структура кристаллического селенида галлия, построенная по характерным высокосимметричным направлениям К-Г-М.

Используя полученные выше данные, были рассчитаны значения частот комбинационного рассеивания света (КРС) и инфракрасного поглощения. В соответствии с [20, С. 6368] спектр КРС селенида галлия содержит три основных компоненты $A^1_{1g}$ $E^2_{2g}$ и $A^2_{1g}$. Расчетные значения положения данных полос при давлении 0 ГПа равны соответственно 136,9 см$^{-1}$ 215,5 см$^{-1}$ и 319,5 см$^{-1}$. Экспериментальные результаты, приведенные в [20, С. 6368] показывают значения 132 см$^{-1}$ 211 см$^{-1}$ и 308 см$^{-1}$ соответственно. Расхождение между рассчитанными теоретическими частотами, и данными, полученными экспериментально не более 4%.

Расчетные результаты инфракрасного поглощения демонстрируют положения пика на 222 см$^{-1}$. Сравнивая с экспериментальными данными [21, С. 1294] с положением пика поглощения на 215 см$^{-1}$ (расхождение с теоретическими результатами не более 4%), можно сделать вывод о хорошем совпадении и возможности применимости данного метода для моделирования.

На рисунке 3 представлены расчетные зависимости частот КР $A^1_{1g}$ $E^2_{2g}$ и $A^2_{1g}$ в зависимости от величины приложенного гидростатического сжатия.

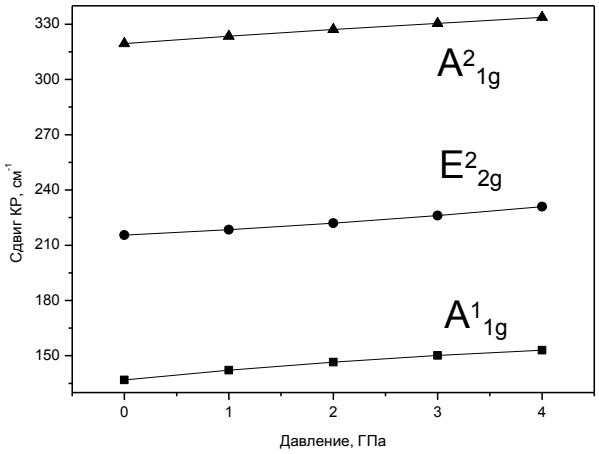



Рис. 3 – Расчетные значения положений полос нерезонансного КР для кристаллического селенида галлия при различных давлениях.

Анализируя полученные данные можно обратить внимание, что увеличение давления приводит к увеличению сдвига комбинационного рассеивания света для всех активных мод в спектре селенида галлия. Наблюдаемые изменения демонстрируют линейную зависимость. Скорость сдвига для полос КР $A^1_{1g}$ $E^2_{2g}$ и $A^2_{1g}$ равна 4,0 3,9 и 3,6 см$^{-1}$/ГПа соответственно. Данные хорошо согласуются с опубликованными экспериментальными результатами [22, С. 3843].

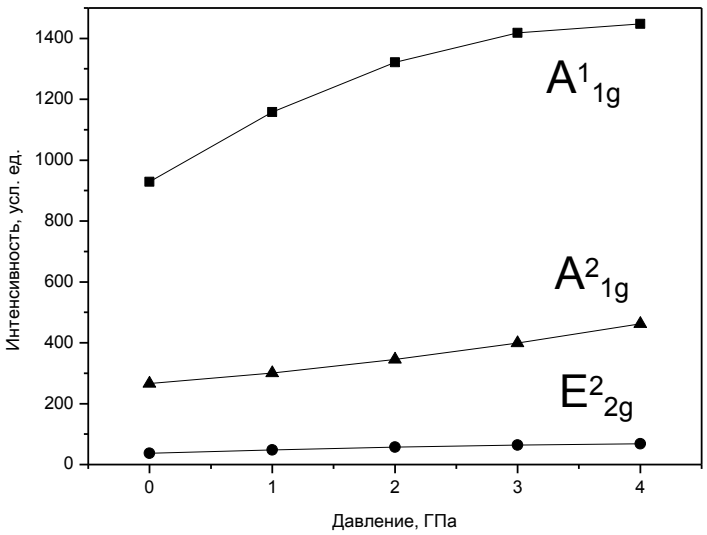



Рис. 4 – Расчетные величины интенсивностей пиков нерезонансного КР кристаллического селенида галлия при различных давлениях.

**Выводы**

В работе было проведено компьютерное моделирование спектров комбинационного рассеивания света и спектроскопии инфракрасного поглощения для кристаллического селенида галлия, подвергнутого гидростатическому сжатию в диапазоне давлений от 0 до 4 ГПа. Получены значения сдвигов КР и ИК поглощения, хорошо совпадающие с опубликованными экспериментальными работами. Параметр решетки и сдвиги КР демонстрируют линейную зависимость от давления. Рассчитаны величины скорости изменения параметра решетки и сдвига полос КР $A^1_{1g}$ $E^2_{2g}$ и

$A^2_{1g}$ под давлением, составляющие -0,017 А/ГПа; 4,0 см$^{-1}$/ГПа 3,9 см$^{-1}$/ГПа и 3,6 см$^{-1}$/ГПа соответственно. Полученные данные демонстрируют возможность точной подстройки оптических и колебательных свойств данного материала и позволяют рассматривать подход для расширения области применимости селенида галлия в качестве нелинейно оптического элемента.

**Список литературы / References**

1. Brukl A. Die Sulfide des Galliums / A. Brukl, G. Ortner // Naturwiss. – 1930. – Vol. 18. – P. 393.
2. Johnson W. C. The sulphides of gallium / W. C. Johnson, B. Warren // Naturwiss. – 1930. – Vol. 18. – P. 666.
3. Klemm W. Messungen an Gallium- und Indium-Verbindungen. X. Über die Chalkogenide von Gallium und Indium / W. Klemm, H. U. Vogel, Z. Anorg // Allg. Chem. – 1934. – Vol. 219. – P. 45-64.
4. Hahn H. Uber Die Strukturen Der Chalkogenide Des Galliums, Indiums Und Thalliums / H. Hahn // Angew. Chem. – 1953. – Vol. 65. - № 21 – P. 538.
5. Schubert K. Kristallstrukturen des GaSe / K. Schubert, E. Dörre, // Naturwiss. – 1953. – Vol. 40. – P. 604-605.
6. Auerhammer J. M. Frequency doubling of mid-infrared radiation in gallium selenide / J. M. Auerhammer, E. R. Eliel // Opt. Lett. – 1996.- Vol. 21 (11). – P. 773-775.
7. Singh N.B. Far-infrared conversion materials: Gallium selenide for far-infrared conversion applications / N.B. Singh, D.R. Suhre, V. Balakrishna, and others // Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials. – 1998. – Vol. 37 (1). – P. 47–102.
8. Tang Y. Layer- and frequency-dependent second harmonic generation in reflection from GaSe atomic crystals / Yanhao Tang, Krishna C. Mandal, John A. McGuire, and others // Physical Review B. – 2016. - Vol. 69. - P. 125302-1 - 125302-6.
9. Rybkovskiy D. V. Size-induced effects in gallium selenide electronic structure: The influence of interlayer interactions / D. V. Rybkovskiy, N. R. Arutyunyan, A. S. Orekhov, and others // Physical Review B – 2011. - Vol. 84 - P. 085314-1 - 085314-7.
10. Chikan V. Synthesis of Highly Luminescent GaSe Nanoparticles / V. Chikan, D. Kelley // Nano Lett. - 2002. - Vol. 2. - № 2. - P. 141-145.
11. Kohler Th. Tubular structures of GaS / Th. Kohler, Th. Frauenheim Th., Z. Hajnal, and others // Phys. Rev. B - 2004. – Vol. 69. - № 19. - P. 193403-1 - 193403-4.
12. Aziza Z. B. Tunable quasiparticle band gap in few-layer GaSe/graphene van der Waals heterostructures / Zeineb Ben Aziza, Debora Pierucci, Hugo Henck, and others // Physical Review B – 2017. – Vol. 96. – P. 035407-1 - 035407-15.
13. Wang C. Synthesis of atomically thin GaSe wrinkles for strain sensors / Cong Wang, Sheng-Xue Yang, Hao-Ran Zhang, and others // Frontiers of Physics. – 2016. – Vol. 11. – P. 116802-1 - 116802-5.
14. Rybkovskiy D. V. Electronic Structure of GaSe Quantum Dots / D. V. Rybkovskiy, A. V. Osadchy, E. D. Obraztsova // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics – 2013. - Vol. 8. – P. 110-113.
15. Srour J. Crystal structure and energy bands of (Ga/In)Se and Cu(In,Ga)Se2 semiconductors in comparison / J. Srour, M. Badawi, F. El Haj Hassan, and others // Physica Status Solidi (B) – 2016. – Vol. 253. - № 8. – P. 1472-1475.
16. Srour J. Competing structures in (In,Ga)Se and (In,Ga)2Se3 semiconductors / J. Srour, A. Postnikov, M. Badawi, and others // Physica Status Solidi (B) – 2017. - Vol. 254. - № 6. – P. 1700120-1 - 1700120-4.
17. Payne M. C. Iterative minimization techniques for ab-initio total-energy calculations: molecular dynamics and conjugate gradients / M. C. Payne, M. P. Teter, D. C. Allan, and others // Reviews of Modern Physics – 1992. – Vol. 64. – P. 1045-1097.
18. Giannozzi P. Quantum ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials / P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini, and others // J.Phys.:Condens.Matter – 2009. – Vol. 21. – P. 395502-1 - 395502-36.
19. Perdew John P. Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy / John P. Perdew, Yue Wang // Physical Review B - 1992. – Vol. 45 (23) – P. 13244–13249.
20. Mahjiory-Samani Masoud Pulsed Laser Deposition of Photoresponsive Two-Dimensional GaSe Nanosheet Networks / Masoud Mahjiory-Samani, Ryan Gresback, Mengkin Tian, and others // Advanced Functional Materials – 2014. – №. 24 – P. 6365-6371.
21. Giorgianni U. Infrared and UV-visible spectra of layer semiconductors
Gas, GaSe and GaTe / U. Giorgianni, G. Mondio, P. Perillo, and others // Journal de Physique – 1977. – Vol. 38 (10) – P. 1293-1299.
22. Gauthier M. Optical properties of gallium selenide under high pressure / M. Gauthier, A. Plian, J. M. Besson, and others // Physical Review B – 1989. – Vol. 40 – №. 6 – P. 3837-3854.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.142**

**Пермикин В.С.**
ООО «НПМ «Ньютоника», г. Екатеринбург, Россия.

# К ПРОЕКТИВНЫМ СВОЙСТВАМ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ. ЧАСТЬ I. ОБ УСКОРЕННОМ РАСШИРЕНИИ ПРОСТРАНСТВА

***Аннотация***

*Для объяснения феномена ускоренного расширения пространства предлагается считать 4-х мерное физическое пространство-время проективным, а его геометрию целиком (а не только ее часть – пространство скоростей) гиперболической геометрией – классической неевклидовой геометрией Лобачевского – Больяи. С помощью проективной геометрии вводятся два вида неевклидовых мер расстояния: аддитивная классическая неевклидова мера и неаддитивная неевклидова мера, которая является обобщением физического интервала между событиями. Показано, что в проективном пространстве с гиперболической геометрией две инерциальные системы отсчета, покоившиеся относительно друг друга в какой-либо первоначальный момент времени, в любой последующий момент времени удаляются друг от друга ускоренно. Доказывается, что кривизна плоской классической неевклидовой геометрии, в которой геодезическими являются прямые линии, не является внутренней гауссовой кривизной пространства-времени. Кривизна этой геометрии понимается как кривизна меры расстояния на прямой линии – кривизна, которую впервые определил Ф. Клейн. Для клейновой кривизны в гиперболической проективной геометрии нет необходимости привлекать гравитационное поле и его источники. В проективном 4-х мерном гиперболическом пространстве-времени изменяется со временем не расстояние между точками – событиями, а расстояние между мировыми линиями тел, даже если они не взаимодействуют друг с другом. Это объясняется тем обстоятельством, что прямая линия в плоском неевклидовом пространстве не является эквидистантой относительно любой другой прямой линии.*

**Ключевые слова**: геометрия проективная, псевдоевклидова, гиперболическая, неевклидова, Абсолют, ускоренное расширение физического пространства.

**Permikin V.S.**
LLC "NPM" NEWTONIC", Ekaterinburg, Russia.

# TO THE PROJECTIVE PROPERTIES OF PHYSICAL SPACE-TIME. PART I. ABOUT THE ACCELERATED EXPANSION OF SPACE

***Abstract***

*To explain the phenomenon of accelerated expansion of space, it is suggested to consider 4-dimensional physical space-time as projective, and its geometry as a whole (and not only its part –the velocity space) as hyperbolic geometry – the classical non-Euclidean geometry of Lobachevsky-Bolyai. Using projective geometry, two kinds of non-Euclidean distance measures are introduced: an additive classical non-Euclidean measure and a non-additive non-Euclidean measure that is a generalization of the physical interval between events. It is shown that in a projective space with hyperbolic geometry two inertial reference frames that are at rest at each initial moment of time move at an accelerated rate at any subsequent instant of time. It is proved that the curvature of a flat classical non-Euclidean geometry, in which straight lines are geodesies, is not an intrinsic Gaussian curvature of space-time. The curvature of this geometry is understood as the curvature of the measure of distance on a straight line – the curvature, which was first determined by F. Klein. For the Klein curvature in hyperbolic projective geometry, there is no need to involve the gravitational field and its sources. In the projective 4-dimensional hyperbolic space-time, the distance between the points-events, and the distance between the world lines of bodies does not change with time, even if they do not interact with each other. This is explained by the fact that a straight line in a flat non-Euclidean space is not equidistant with respect to any other straight line.*

**Keywords**: projective geometry, pseudo-Euclidean, hyperbolic, non-Euclidean, Absolute, accelerated expansion of physical space.

## Введение

Задача объяснения ускоренного расширения пространства в настоящее время достаточно актуальна. Основной теорией, с помощью которой предпринимаются попытки описания этого феномена, является общая теория относительности. Считается, что общая теория относительности – это не только теория тяготения, но и теория физического пространства-времени, пришедшая на смену специальной теории относительности, как, во-первых, более общая и, во-вторых, как теория, которая напрямую связывает свойства пространства и материи, делая их неразрывными. Поэтому как более «физичная» общая теория относительности применяется в космологии. Для объяснения эффекта расширения пространства с помощью общей теории относительности в дополнение к веществу и излучению, удельное количество которых во Вселенной может быть оценено с помощью существующих физических методов, вводится новая форма материи – «темная энергия». Обладает темная энергия достаточно гипотетическими свойствами, такими как отрицательное давление и антигравитация. И это побуждает к поиску других объяснений феномена расширения пространства.

Существует и другая точка зрения, согласно которой общая теория относительности – это лишь теория тяготения, которая действует в псевдоевклидовом (изначально плоском) пространстве-времени. Если встать на эту точку зрения, то можно попытаться объяснить эффекты расширения пространства не прибегая к общей теории относительности. Т.е. можно обобщить геометрию Минковского так, чтобы пришедшая на ее смену геометрия объясняла феномен расширения пространства.

В данной статье для объяснения ускоренного расширения пространства применена проективная геометрия. Эта геометрия выбрана по следующим соображениям.

Проективный метод является метрически инвариантным методом исследования. Свойство метрической инвариантности проективного метода позволяет описать с единых позиций многие метрические геометрии: евклидову, псевдоевклидову и классические (плоские) неевклидовы геометрии (эллиптическую и гиперболическую), а

также соотношения между их основными метрическими параметрами – углом и расстоянием. Свойство независимости проективной геометрии от метрических свойств пространства было установлено в работах Г. К. Х. Штаудта [1, С. 49]. Затем Ф. Клейн [2, С. 401, 405] показал, что в геометрии наиболее общими преобразованиями являются проективные преобразования, а преобразования движения метрической геометрии являются подгруппой этой общей группы проективных преобразований. Сама же подгруппа выделяется из группы заданием такой геометрической фигуры, которая не изменяется при преобразовании из данной подгруппы, т.е. является геометрическим инвариантом, и в проективной терминологии называется Абсолютом (далее $Abs$) метрической геометрии [3, С. 234].

Но, пожалуй, основным преимуществом проективного метода является то, что метод позволяет рассматривать пространство и его геометрию в целом – как единое целое, само по себе без его вложения в пространство большей размерности. Рассмотрение пространств как единого целого в проективной геометрии возможно благодаря наличию в ней операций одно-однозначного соответствия-преобразования (корреляции и коллинеации). Эти операции могут быть применены и применяются в проективной геометрии ко всему пространству в целом [4, С. 206].

**О пространстве скоростей псевдоевклидовой геометрии**

Начиная с [5] (см. [6, С. 111] и [7, С. 71]) известно, что пространство скоростей специальной теории относительности может быть интерпретировано как 3-х мерное пространство с гиперболической геометрией Лобачевского – Больяи. В этом пространстве роль точек выполняют прямые псевдоевклидова пространства – касательные к мировым линиям, а проекции скорости $V_i$ на оси координат декартовой системы пространства скоростей являются функциями неевклидовых координат $\alpha_i$ этих «точек»:

$$V_i \,/\, c = th\,\alpha_i, \tag{1}$$

где $c$ – скорость света.

Функции $th\,\alpha_i$ являются координатами Бельтрами [8, С. 193], [7, С. 71] – такими функциями неевклидовых координат $\alpha_i$, выраженное через которые уравнение прямой (линии) в декартовой системе неевклидовой геометрии является линейным уравнением с постоянными коэффициентами, а уравнение кривой второго порядка – уравнением второй степени, также с постоянными коэффициентами. Далее в данном сообщении греческими буквами обозначаются аддитивные неевклидовы координаты (углы), а латинскими буквами их функции – координаты Бельтрами.

Рассмотрим проективную модель псевдоевклидовой геометрии (о модели на плоскости см. [9, С. 313]). В этой модели пространство скоростей является частью бесконечно удаленной области проективного псевдоевклидова пространства. Изобразим какую-либо декартову систему координат псевдоевклидовой проективной геометрии. К изображению предъявим следующее требования:

1. все узловые точки декартовой системы: начало координат – $O$; единичная точка – $E$; и бесконечно удаленные точки осей координат – A, B, C, D (точки, в которых оси координат пересекают бесконечно удаленную область пространства) должны изображаться на чертеже какими-либо конкретными точками чертежа (рис. 1);

2. отрезки осей координат между узловыми точками – это будут те участки осей, где координаты имеют положительное значение.

Такое коллинеарное проективное соответствие между 4-х мерным псевдоевклидовым проективным пространством и двумерной плоскостью чертежа, дополненной до проективной, возможно. Это соответствие будет однозначным, но не взаимно-однозначным.

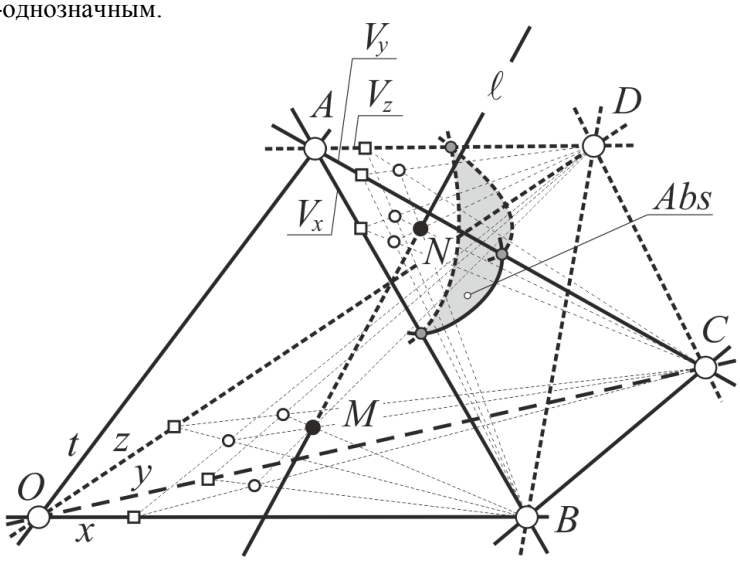



Рис. 1 – Декартова система координат проективной 4-х мерной псевдоевклидовой геометрии (основной пентаоктаэдр)

В проективной модели псевдоевклидовой геометрии проекции скорости – это уже координаты точки, той точки, в которой прямая (касательная к мировой линии) пересекает бесконечно удаленную 3-х мерную область пространства, геометрия которой и является геометрией Лобачевского – Больяи.

На рис. 1 точка $M$ – это та точка мировой линии $\ell$, которая одновременна началу координат $O$ в системе $(t, x, y, z)$. А точка $N$ – это та точка, в которой мировая линия $\ell$ пересекает бесконечно удаленную трехмерную область

проективного псевдоевклидова пространства. Пространство скоростей является частью этой области, а точнее внутренностью Абсолюта. При таком рассмотрении $V_x$, $V_y$, $V_z$ – это координаты какой-либо точки (в нашем случае точки $N$) в декартовой системе координат бесконечно удаленной трехмерной области проективного псевдоевклидова пространства.

Меры расстояния между двумя точками в различных областях проективной модели псевдоевклидовой геометрии существенно отличается. В области, где координаты $(t, x, y, z)$ имеют конечное значение, мера псевдоевклидова, аддитивна (если рассматривать меру на одной прямой) и имеет в декартовой системе координат пифагоров вид:

$$S_{1,2} = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}. \quad (2)$$

В пространстве скоростей мера расстояния между двумя точками является функцией бельтрамиевых переменных и не обладает свойством аддитивности. Выраженная через координаты проекций скоростей в декартовой системе, мера расстояния имеет следующий вид [8, С. 70]:

$$\frac{V_{1,2}}{c} = \sqrt{1 - \frac{\left[1 - \frac{(V_x)_1^2}{c^2} - \frac{(V_y)_1^2}{c^2} - \frac{(V_z)_1^2}{c^2}\right]\left[1 - \frac{(V_x)_2^2}{c^2} - \frac{(V_y)_2^2}{c^2} - \frac{(V_z)_2^2}{c^2}\right]}{\left[1 - \frac{(V_x)_1(V_x)_2}{c^2} - \frac{(V_y)_1(V_y)_2}{c^2} - \frac{(V_z)_1(V_z)_2}{c^2}\right]^2}}. \quad (3)$$

В данной области проективного псевдоевклидова пространства свойством аддитивности обладают аргументы – обратные функции бельтрамиевых переменных. Для двух точек, расположенных на любой из координатных осей скорости эта формула переходит в формулу сложения скоростей специальной теории относительности.

С точки зрения проективной геометрии Абсолют 4-х мерной псевдоевклидовой геометрии (годограф вектора скорости, модуль которого равен скорости света) является *вырожденной 3-х мерной гиперповерхностью 2-го порядка* (рис. 1). Вырождение состоит в том, что размер ее в направлении оси времени равен нулю, т.е. это двумерная сфера.

Предположим, что геометрия 4-х мерного пространства-времени целиком (а не только ее часть – пространство скоростей) является проективной геометрией Лобачевского – Больяи. Абсолют такой геометрии это уже *невырожденная 3-х мерная гиперповерхность 2-го порядка*, которая пересекает ось времени какой-либо декартовой системы координат в двух точках. Координаты этих точек в единицах времени мы будем обозначать $\pm\chi$. Декартову систему координат проективной гиперболической геометрии можно изобразить как показано на рис. 2. Мера расстояния между точками на прямой в такой геометрии едина для всех областей пространства и не обладает свойством аддитивности.

Таким образом, далее предполагается, что геометрия «пустого» физического пространства-времени является, во-первых, проективной, а во-вторых неевклидовой (точнее, *непсевдоевклидовой геометрией*) в том первоначальном понимании неевклидовой геометрии, когда она строилась аксиоматически с помощью плоскостей, прямых и точек в плоском пространстве ([10, С. 35], [11, С. 71]), а не с помощью геодезических в пространстве с внутренней гауссовой кривизной. Под «пустым» пространством везде далее понимается такое пространство, в котором пробные тела есть, а взаимодействиями между ними можно пренебречь. Т. е. тела «достаточно» малы, а расстояния между ними «достаточно» велики.

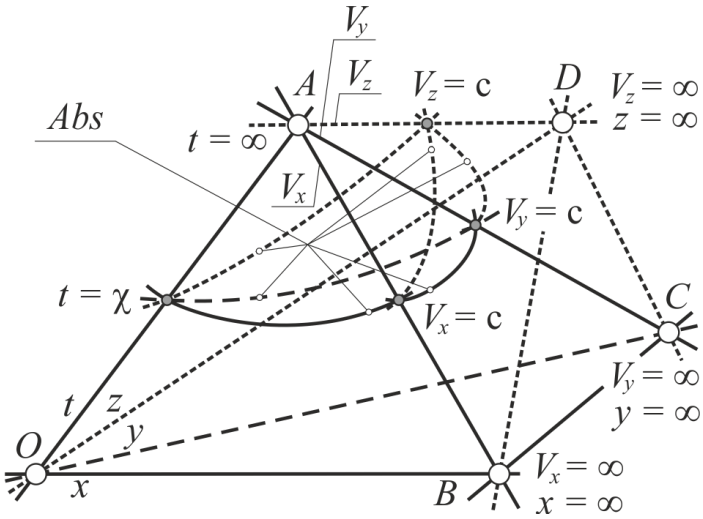



Рис. 2 – Декартова система координат проективной гиперболической геометрии (основной пентаоктаэдр)

**Основные положения**

При дальнейших рассуждениях будем считать, что:

1. *4-х мерное физическое пространство является проективным*, и в нем без ограничений справедлив проективный принцип двойственности.

2. *4-х мерное физическое пространство метрически является проективным гиперболическим пространством – пространством Лобачевского – Больяи* (дополненным до проективного своими бесконечно удаленными элементами:

элементами инцидентными Абсолюту и так называемыми «идеальными» элементами, лежащими за $Abs$). В нем имеется полярное (проективное коррелятивное инволюционное) соответствие между его двойственными элементами («точка – 3-х мерная гиперплоскость» и «прямая – плоскость») с действительным $Abs$. Этот $Abs$ является невырожденной действительной (в смысле, что он состоит из действительных точек) 3-х мерной гиперповерхностью 2-го порядка (в нормированных линейных координатах точек это 3-х мерная гиперсфера) и одновременно пучком 2-го класса касательных к этой 3-х мерной гиперсфере 3-х мерных действительных гиперплоскостей. Каждой точке этой гиперповерхности инцидентна та 3-х мерная гиперплоскость, которая полярно ей соответствует. И, кроме того, $Abs$ является двойным пучком 2-го класса инцидентных друг другу полярно соответствующих друг другу действительных прямых и плоскостей. $Abs$, как невырожденная действительная 3-х поверхность, разбивает 4-х мерное пространство для его действительных точек на две области: внутреннюю, по отношению к самой 3-х мерной гиперповерхности, и внешнюю.

3. *Система координат* (связанная с телом, имеющим массу покоя), *как мгновенное положение физической системы отсчета тела, является автополярной* по отношению к $Abs$. Начало системы отсчета (точка мировой линии, связанная с телом) находится во внешней по отношению к $Abs$ области. Ось времени этой системы координат всегда пересекает $Abs$ в двух его действительных точках и является касательной к мировой линии тела.

4. *Инерциальной системой отсчета мы будем считать такую систему, мировая линия которой является прямой линией*. Плоскость полярная этой прямой мировой линии относительно $Abs$ испытывает при инерциальном движении тождественное проективное преобразование.

5. Система координат, связанная со светом, является вырожденной (ее ось времени и пространственная 3-х мерная гиперплоскость инцидентны друг другу) и касательной к $Abs$.

**О двух неевклидовых мерах**

В данной модели 4-х мерного пространства имеются три типа плоскостей, которые пересекают, касаются или не пересекают $Abs$. Рассмотрим гиперболическую плоскость, которая пересекает эту действительную гиперповерхность. Абсолют такой плоскости имеет вид невырожденной действительной кривой 2-го порядка. Далее мы не будем добавлять, что это и пучок 2-го класса прямых – поляр, инцидентных своим полюсам в полярном соответствии, имеющимся на данной плоскости, но всегда таковое положение вещей будем подразумевать.

Для упрощения построений мы будем изображать на чертеже $Abs$ в виде окружности (рис. 3). Это возможно, поскольку между рассматриваемой гиперболической плоскостью и расширенной плоскостью нашего чертежа (дополненной Abs – бесконечно удаленной прямой с эллиптической инволюцией точек на ней) можно установить такое проективное коллинеарное соответствие, при котором $Abs$ гиперболической плоскости на нашем чертеже будет соответствовать любая, наперед заданная, кривая 2-го порядка.

Для построения системы координат автополярной относительно $Abs$ мы выберем: 1) начало координат (точка $O$) во внешней, по отношению к $Abs$, области; 2) ось времени (прямая $b$), проходящую через точку $O$ и пересекающую $Abs$; 3) в качестве основной правую систему координат. Этими условиями автополярная конфигурация в виде четырехугольника $\{OABE\}$ – четырехсторонника $\{oabe\}$ определяется однозначно, и ее изображение может быть построено на чертеже.

Теперь для любой точки проективной плоскости может быть определена система точек как проекций этой точки из базисных точек $O, A, B$ на базисные прямые $o, a, b$.

А для любой прямой плоскости может быть определена система точек, в которых прямая пересекает базисные прямые $o, a, b$.

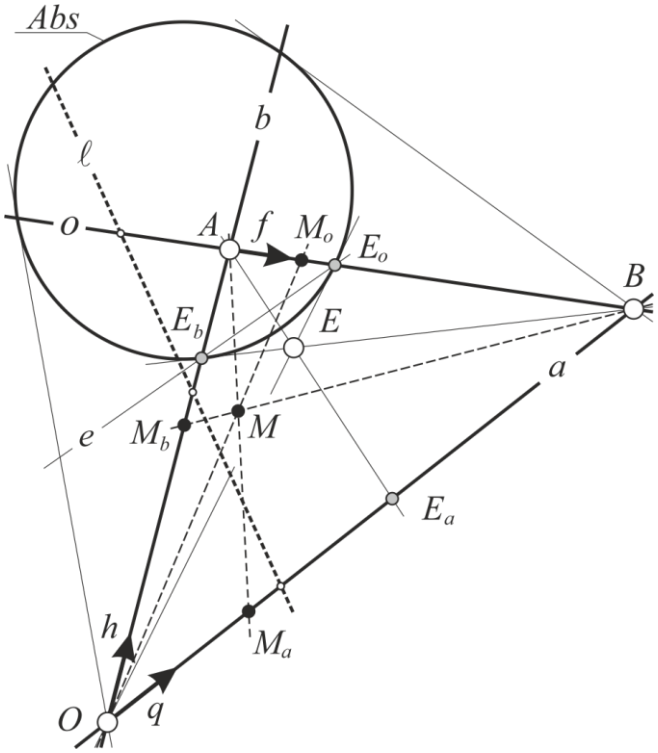



Рис. 3 – Декартова (автополярная) система координат проективной гиперболической плоскости

После построения автополярной конфигурации выберем положительные направления на основных базисных прямых системы, как показано на рис. 3, и будем считать прямую $b$ осью времени, прямую $a$ пространственной осью и прямую $o$ осью скорости.

Для введения координат в автополярной конфигурации можно использовать простейший проективный инвариант – «вурф» – упорядоченную четверку элементов, принадлежащих линейно упорядоченному замкнутому образу [12, С. 15], [9, С. 289]. Это позволяет методами проективной геометрии ввести меры расстояния между двумя точками на прямой.

Например, можно считать, что на рассматриваемой проективной гиперболической плоскости уже имеется евклидово мероопределение. Данное предположение позволит нам использовать понятие двойного отношения, выраженное в координатах этого мероопределения. С помощью понятий вурфа и его двойного отношения можно определить *два*, принимаемых далее за основные, *вида неевклидовых расстояний между* двумя *точками* прямой.

Одно из этих расстояний – это классическое неевклидово расстояние, в основание которого заложено свойство аддитивности расстояния. Будем его обозначать как $\gamma_{1,2}$.

Другой вид неевклидового расстояния (бельтрамиево расстояние) является обобщением физического расстояния как евклидова расстояния, выраженного в долях отрезка, принимаемого за единичный. Обозначим это физическое неевклидово расстояние через $s_{1,2}$. Вслед за Ф. Клейном [4, С. 262, 273] получим следующее соотношение:

$$\gamma_{1,2} = \frac{1}{2}\ln\frac{1+s_{1,2}}{1-s_{1,2}}\ . \tag{4}$$

Коэффициент при логарифме определен исходя из условия равенства мер в малом.

После того как оба вида неевклидового расстояния и зависимость между ними будут определены, надобность в евклидовой мере на рассматриваемой плоскости отпадает. И далее оба вида неевклидовых расстояний можно считать уже вполне самостоятельными.

Для более наглядного введения мер мы воспользуемся аналогией, которую предоставляет нам псевдоевклидова геометрия. Рассмотрим меру скорости в этой геометрии на плоскости. Скорость – это физически измеряемая (наблюдаемая) величина в этой геометрии, но она не обладает свойством аддитивности, поскольку ось скорости совпадает с Абсолютом псевдоевклидовой плоскости, на котором имеются две двойные (стационарные) точки с координатами $\pm c$. Эти двойные точки при любом движении псевдоевклидовой плоскости переходят сами в себя. Поэтому две сонаправленные в пространстве скорости складываются по известному правилу сложения скоростей специальной теории относительности.

Аддитивной мерой скорости в псевдоевклидовой геометрии является быстрота (угол) – обратная функция скорости. Но эта аддитивная неевклидова мера пространства скоростей с геометрией Лобачевского не является физически измеряемой (наблюдаемой) величиной. При переходе к нерелятивистскому пределу физически наблюдаемая скорость является «наследницей» бельтрамиевой функции (1), а не ее аргумента – быстроты – неевклидовой аддитивной меры.

При переходе от псевдоевклидовой геометрии к гиперболической проективной мы имеем такое же «наследование», но только в обратном направлении: перестают быть аддитивными псевдоевклидовы время и пространственные линейные координаты, поскольку каждая из осей пересекает Абсолют гиперболической плоскости в двух точках. Ось времени пересекает его в двух действительных точках, а пространственная ось в двух абстрактных точках, координаты которых имеют мнимые значения. *В гиперболической проективной геометрии время и пространственные линейные координаты (также как и скорость в псевдоевклидовой геометрии) являются функциями Бельтрами аддитивных неевклидовых мер*:

$$x\,/\,\chi c = q = tg\,\alpha \qquad \text{и} \qquad t\,/\,\chi = h = th\,\beta\,. \tag{5}$$

Здесь $c$ – скорость света; $\chi$ – длина отрезка $OE_b$ в единицах масштабного отрезка оси времени – $b$ (рис. 3). Или:

$$\gamma_q = i\,\alpha = \frac{1}{2}\ln\frac{1+i\,q}{1-i\,q} \qquad \text{и} \qquad \gamma_h = \beta = \frac{1}{2}\ln\frac{1+h}{1-h}\ .$$

Далее мы будем использовать нормированные физические координаты: нормированное пространственное расстояние – $q$ и нормированное время – $h$.

При таком определении координаты узловых точек автополярной системы координат будут иметь значения:

$$q_O = 0,\ q_E = 1,\ q_B = \infty;\ h_O = 0,\ h_E = 1,\ h_A = \infty\,.$$

На оси $o$ аналогично определим третью координату – $f$, которую будем называть нормированной скорости-подобной координатой точки:

$$f = q/h\,.$$

Уравнение $Abs$ в нормированных физических координатах будет иметь канонический вид:

$$h^2 - q^2 = 1\,.$$

А если на координатных осях выбраны другие единичные отрезки, не связанные с точкой $E$, то в физических координатах общего вида ($x$ и $t$) уравнение $Abs$ будет следующим:

$$\frac{t^2}{\chi^2} - \frac{x^2}{\chi^2 c^2} = 1.$$

**Интервал**

Имея неевклидовы координаты, найдем неевклидовы расстояния между двумя произвольными точками $M_1$ и $M_2$ плоскости.

Пусть у нас есть прямая $\ell$, проходящая через эти точки (рис. 4), и еще одна точка $M$ этой прямой.

Рассмотрим на прямой $\ell$ вурф $(M_1, M_2, M, N)$ и два вурфа $(h_1, h_2, h, h_A)$ и $(q_1, q_2, q, q_B)$ на координатных осях. Два последних вурфа перспективны первому, и значит, что они проективны друг другу, а их числовые значения равны. Числовые значения вурфов, определенных на координатных осях, мы можем выразить в явном виде через двойные отношения физических координат. Из равенства двух последних вурфов можно убедиться, что вид уравнения прямой, заданной двумя своими точками в физических неевклидовых координатах, не отличается от вида уравнения прямой на евклидовой плоскости в декартовых координатах.

Аналогичным образом можно убедиться и в инвариантности вида уравнения прямой в отрезках. Для обозначения длин этих отрезков будем употреблять те же буквы, что и для координат точки, но только заглавные: $H,\ Q,\ F = -Q/H$. В оправдание применения нестандартных обозначений приведем следующие соображения: в дальнейших рассуждениях будет видно, что именно координаты мировой линии являются физически измеряемыми параметрами, а не их обратные величины – тангенциальные координаты, преобразующиеся ковариантно преобразованию системы координат.

Используя свойство инвариантности вида прямой, найдем координаты $h_I$, $h_{II}$ и $h_{\alpha h_1(h_I,h_{II})}$. Здесь $h_{\alpha h_1(h_I,h_{II})}$ – это значение координаты «время» точки $M_{\alpha M_1(M_I,M_{II})}$ гармонически расположенной к точке $M_1$ относительно пары точек $h_I$, $h_{II}$.

Рассмотрим далее на оси времени вурф $\left(h_1, h_2, h_I, h_{\alpha h_1(h_I,h_{II})}\right)$ перспективный вурфу $\left(M_1, M_2, M_I, M_{\alpha M_1(M_I,M_{II})}\right)$. Из их перспективности следует равенство числовых значений вурфов. Используя числовое значение первого вурфа в виде двойного отношения

$$\left[\overrightarrow{h_1, h_2}, \overrightarrow{h_I, h_{\alpha h_1(h_I,h_{II})}}\right]$$

выраженного через координаты, после преобразований будем иметь:

$$s_{1,2} = \sqrt{1 - \frac{(1-h_1^2+q_1^2)(1-h_2^2+q_2^2)}{(1-h_1h_2+q_1q_2)^2}}\ . \qquad (6)$$

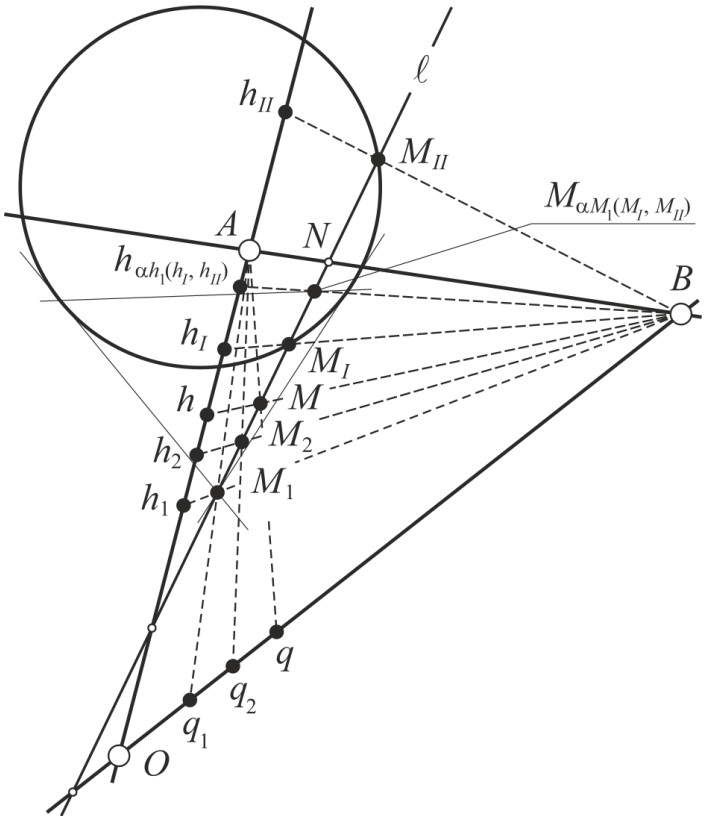



Рис. 4 – Прямая $\ell$, проходящая через точки $M_1$ и $M_2$

Если рассмотреть две точки (1 и 2) на прямой в 4-х мерном случае, и их проекции на координатные оси, то это выражение приобретает следующий вид:

$$s_{1,2} = \sqrt{1 - \frac{(1-h_1^2+q_1^2+m_1^2+n_1^2)(1-h_2^2+q_2^2+m_2^2+n_2^2)}{(1-h_1h_2+q_1q_2+m_1m_2+n_1n_2)^2}}, \quad (7)$$

где в дополнение к (5)

$$h = th\,\beta = t\,/\chi\,, \quad q = tg\,\alpha_1 = x\,/\,\chi c\,,$$
$$m = tg\,\alpha_2 = y\,/\,\chi c\,, \quad n = tg\,\alpha_3 = z\,/\,\chi c\,.$$

Если обе точки близки друг к другу, то можно перейти к дифференциальной форме (дифференциальной метрике) расстояния

$$d\gamma = ds = \sqrt{\frac{(dh^2-dq^2-dm^2-dn^2)}{1-h^2+q^2+m^2+n^2} + \left(\frac{(h\,dh-q\,dq-m\,dm-n\,dn)}{1-h^2+q^2+m^2+n^2}\right)^2}\,. \quad (8)$$

**Элементарный поворот**

Рассмотрим две инерциальные системы отсчета. Пусть на рис. 5 это системы отсчета, оси времени которых обозначены как $b$ и $b'$. Найдем вид преобразования точечных координат между координатными системами (мгновенными положениями инерциальных систем отсчета) в момент, когда начала – точки $O$ и $O'$ координатных систем $O, q, h$ и $O', q', h'$ совпадают, а скорость системы $O', q', h'$ относительно системы $O, q, h$ равна $F$.

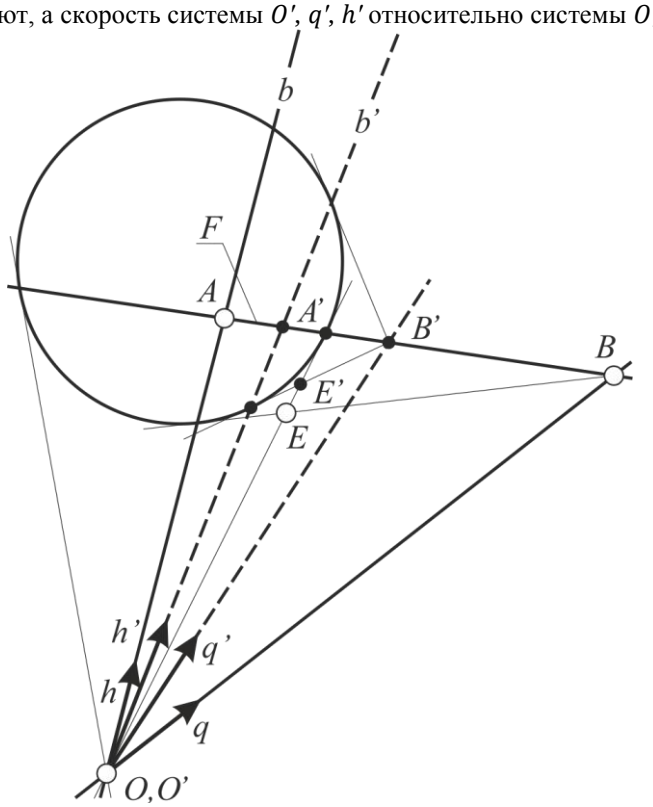



Рис. 5 – Элементарный поворот вокруг точки $O$ ($O'$)

Поскольку мы предполагаем, что эти преобразования проективны, то будем искать их в наиболее общем – дробно-линейном виде

$$q' = \frac{a_{11}q+a_{12}h+a_{13}}{a_{31}q+a_{32}q+a_{33}}\,,$$
$$h' = \frac{a_{21}q+a_{22}h+a_{23}}{a_{31}q+a_{32}h+a_{33}}\,.$$

Для нахождения коэффициентов этих функций воспользуемся значениями координат точек $O', A', B', E'$ в системе $O, q, h$ и в своей собственной системе $O', q', h'$ (пассивная точка зрения).

В результате будем иметь преобразования, вид которых не отличается от преобразований Лоренца:

$$q' = \frac{q-F\,h}{\sqrt{1-F^2}} \quad \text{и} \quad h' = \frac{-F\,q+h}{\sqrt{1-F^2}}\,.$$

Т. е. поворот системы координат вокруг ее начала (можно показать, что и поворот вокруг любой из ее других двух узловых точек $A$, $B$) «не чувствует» присутствие $Abs$. *Будем называть такой поворот элементарным поворотом*.

**Объяснение ускоренного разбегания двух инерциальных систем**

Пользуясь этими результатами, найдем преобразования координат (для точки и прямой) между двумя мгновенными положениями одной и той же инерциальной системы отсчета. На рис. 6 такими мгновенными положениями инерциальной системы отсчета с осью времени $b$ являются две системы координат $O$, $q$, $h$ и $O'$, $q'$, $h'$, у которых совпадают узловые точки $B$ и $B'$. Вид преобразований координат какой-либо точки между этими координатными системами могут быть найдены из условия, что это преобразование является элементарным гиперболическим поворотом системы координат вокруг точки $B$, ($B'$):

$$q' = \frac{q\sqrt{1-h_{O'}^2}}{1-h\,h_{O'}}, \quad h' = \frac{h-h_{O'}}{1-h\,h_{O'}}, \quad f' = \frac{q\sqrt{1-h_{O'}^2}}{h-h_{O'}}. \tag{9}$$

Преобразование координат прямой линии, под которыми мы понимаем координаты точек, в которых прямая пересекает оси координат, при учете инвариантности вида уравнения прямой «в отрезках», будет иметь вид:

$$Q' = \frac{Q+h_{O'}F}{\sqrt{1-h_{O'}^2}}, \quad H' = \frac{H-h_{O'}}{1-H\,h_{O'}}, \quad F' = \frac{h_{O'}Q+F}{\sqrt{1-h_{O'}^2}}. \tag{10}$$

где координаты $Q = q_P$ , $Q' = q'_{P'}$ и $F = f_N$ , $F' = f'_{N'}$ прямой $\ell$ (рис. 6) можно рассматривать как координаты начала инерциальной системы с мировой линией $\ell$ и ее скорость в два различных момента $h_O = 0$, и $h_{O'}$ времени инерциальной системы с осью времени $b$. Интересно отметить, что данное преобразование можно считать элементарным гиперболическим «поворотом» следующей системы координат: начало – прямая b; «оси» – пучки прямых с центрами в точках O и A с физическими координатами Q и F соответственно. Эта система полярна и проективно-двойственна системе координат с началом в точке B с осями o , a и координатами на них 1/f и 1/q.

Видно, что с течением времени – с увеличением $h_{O'}$ ($h_{O'}$ заменим далее его на $h$, поскольку мы рассматриваем точку прямой $\ell$ в момент времени $h_{O'}$) обе координаты $Q'$ и $F'$ растут нелинейно.

Найдем ускорение, которое имеет инерциальная система с осью времени $\ell$ в координатной системе $O'$, $q'$, $h'$ инерциальной системы $b$.

Заметим, что из (8) с учетом (9) можно получить соотношение между дифференциалами времени (как одной из координат точки) для двух систем координат $O$, $q$, $h$ и $O'$, $q'$, $h'$ инерциальной системы $b$:

$$dh' = d\beta' = \frac{dh}{1-h^2}.$$

С учетом этого соотношения скорость $F'$ (см. (10)) инерциальной системы $\ell$ в координатной системе $O'$, $q'$, $h'$ инерциальной системы $b$ может быть найдена как производная от расстояния $Q'$ между инерциальными системами:

$$F' = \frac{dQ'}{dh}\frac{dh}{d\beta'}.$$

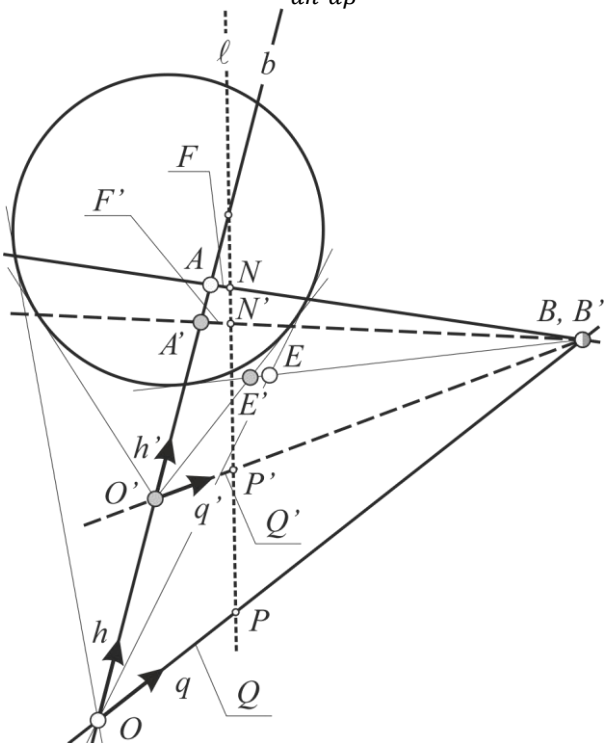



Рис. 6 – Инерциальная система с мировой линией $\ell$ в два различных момента $h_O = 0$ и $h_{O'}$ времени инерциальной системы с осью времени $b$

Теперь искомое ускорение может быть найдено аналогичным методом:

$$\frac{dF'}{d\beta'} = (1-h^2)\frac{dF'}{dh} = \frac{Q+Fh}{\sqrt{1-h^2}}. \quad (11)$$

Предположим, что в начальный момент времени $h_O$ обе инерциальные системы $b$ и $\ell$ покоились ($F=0$), т.е. прямая $\ell$ проходила через точку $A$ (см. рис. 7). Тогда в любой следующий момент времени они уже будут двигаться друг относительно друга, и расстояние и скорость между ними будут увеличиваться с ускорением. Координата, скорость и ускорение инерциальной системы $\ell$ в любой следующий момент времени $h$ инерциальной системы отсчета будут равны:

$$Q' = \frac{Q}{\sqrt{1-h^2}}, \quad F' = \frac{hQ}{\sqrt{1-h^2}}, \quad \frac{dF'}{d\beta'} = \frac{Q}{\sqrt{1-h^2}}. \quad (12)$$

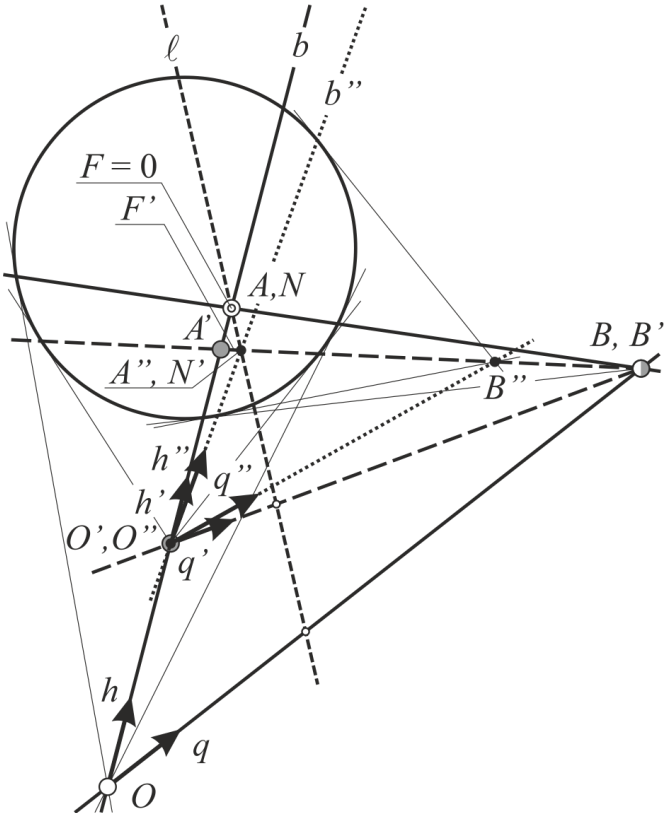



Рис. 7 – Инерциальная система $\ell$ в любой следующий момент $h_{O'}$ времени инерциальной системы $b$ после покоя $h_O = 0$

Видно, что понятие покоя в проективной гиперболической геометрии может быть применено только к определенному моменту времени. И любые две инерциальные системы после такого состояния начинают ускоренно удаляться друг от друга.

В момент времени $h_{O'}$, по часам инерциальной системы $b$ инерциальная система $\ell$ будет покоиться относительно такой инерциальной системы $b''$, которая относительно системы $b$ имеет скорость $F'$.

Этот результат не является неожиданным, поскольку в любой плоской неевклидовой геометрии прямая не является линией равного расстояния (эквидистантой) относительно любой другой прямой линии.

**О понятии кривизны плоской неевклидовой геометрии**

Рассматриваемая в данной статье плоская неевклидова геометрия не обладает гауссовой кривизной. Однако, как показано выше (8), в ней также можно ввести дифференциал расстояния в виде дифференциальной формы второй степени. А значит и инвариант «кривизна», который мы будем называть *клейновой кривизной меры*.

Кривизна меры впервые введена Ф. Клейном [13, С. 272]. Он связывает кривизну плоской проективной неевклидовой геометрии с характеристиками опережения или отставания физической меры по отношению к аддитивной мере при операции измерения одного и того же отрезка. Клейн называет эти меры соответственно специальной соприкасающейся и общей неевклидовой мерой.

Рассмотрим, как и Ф. Клейн, разложение в ряд аддитивной меры по неаддитивной вблизи начала координат. В случае времениподобного интервала с гиперболическим мероопределением (когда на прямой имеются две двойные точки – у Ф. Клейна фундаментальные) это разложение имеет следующий вид:

$$\beta = arth\, h = h + \frac{h^3}{3} + \frac{h^5}{5} + \cdots$$

Видно, что физическая (специальная соприкасающаяся) мера $h$ отстает от аддитивной (общей) меры $\beta$ отрезка. Т.е. $h < \beta$ в действительной области значений переменных.

В случае пространственно подобного интервала с эллиптическим мероопределением на прямой (когда на прямой имеются две мнимые двойные – фундаментальные точки) вид разложения в ряд следующий:

$$\alpha = arctg\ q = q - \frac{q^3}{3} + \frac{h^5}{5} \mp \cdots$$

В данном случае физическая мера $q$ опережает аддитивную меру $\alpha$.

В случае двумерного многообразия кривизна может быть определена также как произведение двух главных кривизн – кривизн двух ортогонально расположенных геодезических линий. С проективной точки зрения прямые неевклидовой геометрии ортогональны, если они пересекают поляру вершины угла в точках сопряженных в инволюции. В той же инволюции, в двойных точках которой эту поляру пересекает и Абсолют. Геодезическими в плоской неевклидовой геометрии являются прямые линии. Если мы определим кривизну Клейна неевклидовой прямой как производную аддитивной меры по неаддитивной, то для кривизны неевклидовой плоскости получим те же результаты, что и при расчете через коэффициенты первой дифференциальной квадратичной формы.

Мы отдаем предпочтение модели плоской проективной неевклидовой геометрии с клейновой кривизной меры по следующим причинам:

1. В этой модели кривизна не является гауссовой (внутренней) кривизной пространства-времени, а значит нет необходимости вводить гравитационное поле и его источник – материю в любой ее форме.
2. Мировые линии инерциальных систем остаются прямыми линиями.
3. Проективный взгляд на геометрию открывает удивительную симметрию проективного принципа двойственности.

Модель неевклидова мира с гауссовой кривизной впервые рассмотрел де Ситтер (гипотеза Б [14, С. 304]). У него в качестве физических координат выбраны аддитивные неевклидовы координаты. В этом можно убедиться, рассматривая метрику гипотезы Б (формула 8Б [14, С. 304]). Соотношения между физическими мерами, принятыми в данной статье, и физическими мерами де Ситтера (обозначим их индексом $S$) следующие:

$$t^s = \chi\ arth\ h\ ;$$
$$x_i^s = \chi\ c\ arctg\ q_i\ ;$$
$$r^s = \chi\ c\ arth\ \sqrt{h^2 - q_1^2 - q_2^2 - q_3^2}\ ;$$

В статье [15, С. 247] Ф. Клейн рассмотрел соответствие между миром де Ситтера и плоским проективно-гиперболическим 4-х мерным миром. Клейн называл такой мир псевдоэллиптическим по аналогии с псевдоевклидовым. Этот мир отличается от эллиптического знаком минус у временной компоненты уравнения Абсолюта (фундаментальной области у Клейна).

**Выводы**

1. В рассмотренном неевклидовом 4-х мерном пространстве-времени интервал между двумя событиями (расстояние между двумя точками) является инвариантом движения – проективного преобразования.
2. Инвариантом являются и размеры 4-х мерного пространства, как в направлении времени, так и в направлении любой из пространственных координат. Т.е. само пространство-время не расширяется.
3. Мировая линия инерциальной системы в проективно-гиперболической геометрии не является эквидистантой относительно мировой линии любой другой инерциальной системы. Прямая линия в любом неевклидовом пространстве не является эквидистантой относительно любой другой прямой линии.

Расширив с помощью проективного метода представление о геометрии физического 4-х мерного пространства-времени и перейдя от псевдоевклидовой модели к проективно-гиперболической (псевдоэллиптической по Клейну), можно получить достаточно простую и наглядную картину разбегания друг относительно друга инерциальных систем отсчета. Но, несмотря на то что эти системы не взаимодействуют друг с другом, их ускоренное разбегание нельзя интерпретировать как расширение с течением времени самого 3-х мерного физического пространства.

Метрически 3-х мерное пространство имеет геометрию эллиптического типа. Эту геометрию создает мнимый Абсолют – как результат пересечения 3-х мерного пространства с действительным Абсолютом4-х мерного гиперболического пространства-времени, размеры которого с течением времени не изменяются.

В каждый момент времени (для любого наблюдателя) наблюдаемое взаимное расположение (расстояние, скорость и ускорение) пересечений мировых линий с 3-х мерным физическим пространством обновляется. Обновляется даже если все мировые линии есть прямые линии, которые имеют общую точку внутри Абсолюта. Взаимное расположение систем координат инерциальных систем отсчета обновляется даже если существует такой момент времени, когда системы отсчета покоятся друг относительно друга. *В проективном гиперболическом мире меняется не расстояние между событиями – точками 4-х мерного пространства, а расстояние между мировыми линиями тел, даже если они не взаимодействуют друг с другом.*

При проективном рассмотрении наш мир в любом из направлений (времени и пространства) замкнут. В физических мерах (неаддитивных неевклидовых) проективно-гиперболический мир пространственно бесконечен и ограничен по времени величиной $\chi$. Но эта граница не достижима в той же степени, как и не достижима скорость света.

Рассмотренную в данной статье проективную гиперболическую геометрию Лобаческого – Больяи можно вполне называть проективной непсевдоевклидовой или, в след за Феликсом Клейном, наиболее кратко псевдоэллиптической, или мир ЛБ (мир Лобачевского-Больяи).

В заключение приведем еще мнение В. Паули, высказанное им на стр. 82 книги [6]: «Форма линейного элемента не определяет однозначно метрических свойств всего пространства в целом. Дифференциально-геометрическое рассмотрение должно быть дополнено в этом пункте проективным. Последнее позволяет для пространства *постоянной кривизны* сразу ответить на вопрос о свойствах *всего* пространства в целом.» (в этой цитате курсив В. Паули).

**Список литературы / References**

1 Staudte von G. K. Ch. Geometrie der Lage / G. K. Ch. von Staudt. – Nurnberg: Verlag von Bauer und Raspe (Julius Merz), 1847. – 216 s.

2 Клейн Ф. Сравнительное обозрение новейших геометрических исследований («Эрлангенская программа»): [пер. с нем.] / Ф. Клейн // Сборник: «Об основаниях геометрии». – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 399-434.

3 Кэли А. Шестой мемуар о формах: [пер. с англ.] / А. Кэли //Сборник: «Об основаниях геометрии». – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 222-252.

4 Клейн Ф. Неевклидова геометрия: [пер. с нем.] / Ф. Клейн – 2-е изд. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 360 с.

5 Varičak Phys. Ztschr., 1910, Bd. 11, S. 93, 287, 586; /Phys. Ztschr.Varičak – Belgrader Akademieber, 1911. – V. 88.

6 Паули В. Теория относительности: [пер. с англ.] /В. Паули – 2-е изд. – М.: Наука, 1983. – 336 с.

7 Бельтрами Э. Опыт интерпретации неевклидовой геометрии: [пер. с итальян.] / Э. Бельтрами //Сборник: «Об основаниях геометрии». - М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 180-212.

8 Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. / В.А. Фок – 2-е изд. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 1961. – 563 с.

9 Глаголев Н.А. Проективная геометрия. / Н.А. Глаголев – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1963. – 344 с.

10 Лобачевский Н.И. О началах геометрии. / Н.И. Лобачевский // Сборник: «Об основаниях геометрии». – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 27-49.

11. Больяи Я. Аппендикс: [пер. с латин.] /Я. Больяи // Сборник: «Об основаниях геометрии». – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 71-100.

12 Staudt von G. K. Ch. Beitrage zur Geometrie der Lage, Erstes Heftr / G. K. Ch. von Staudt – Nurnberg, Verlag von Bauer und Raspe (Julius Merz), 1856. – 129 s.

13 Клейн Ф. О так называемой неевклидовой геометрии: [пер. с нем.] / Ф. Клейн // Сборник: «Об основаниях геометрии». – М.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1956. – С. 253-303.

14 де Ситтер В. О теории тяготения Эйнштейна и ее следствиях для астрономии. Статья III: [пер. с англ.] / В. де Ситтер // Сборник статей: «Альберт Эйнштейн и теория гравитации». – М.: Мир, 1979. – С. 299-319.

15 Клейн Ф. Об интегральной форме законов сохранения и теории пространственно замкнутого мира: [пер. с нем.] / Ф. Клейн //Эйнштейновский сборник, 1980-1981. – М.: Наука, 1985. – С. 226-254.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Staudte von G. K. Ch. Geometrie der Lage [The geometry of the situation] / G. K. Ch. von Staudt. – Nurnberg: Verlag von Bauer und Raspe (Julius Merz), 1847. – 216 p. [in Germany]

2. Klejn F. Sravnitel'noe obozrenie novejshih geometricheskih issledovanij («Jerlangenskaja programma») [A comparative review of the latest geometric studies ("Erlangen program")] / F. Klein // Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii» [The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 399-434. [in Russian]

3. Kjeli A. Shestoj memuar o formah [Sixth memoir upon quantics] / A. Cayly // Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii» [The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 222-252. [in Russian]

4. Klejn F. Neevklidova geometrija [Non-Euclidean geometry] / F. Klein – 2nd ed. – M.: Editorial URSS, 2004. – 360 p. [in Russian]

5. Varičak Phys. Ztschr., 1910, Bd. 11, S. 93, 287, 586; /Phys. Ztschr.Varičak – Belgrader Akademieber, 1911. – 88 v. [ in Serbia]

6. Pauli W. Teorija otnocitel'nocti [Theory of Relativity] /W. Pauli – 2nd ed. – M.: Nauka, 1983. – 336 p.

7. Bel'trami Je. Opyt interpretacii neevklidovoj geometrii [Experience in interpretation of non-Euclidean geometry] / Beltrami E. //Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii»[The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 180-212. [in Russian]

8. Fok V.A. Teorija prostranstva, vremeni i tjagotenija [Theory of space, time and gravity] / V.A. Fok – 2nd ed. – M.: Izd-vo fiziko-matematicheskoj literatury, 1961. – 563 p. [in Russian]

9. Glagolev N.A. Proektivnaja geometrija [Projective geometry] / N.A. Glagolev – 2nd ed. – M.: Vysshaja shkola, 1963. – 344 p. [in Russian]

10. Lobachevskij N.I. O nachalah geometrii [On the basis of geometry] / N.I. Lobachevskij // Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii»» [The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 27-49. [in Russian]

11. Bol'jai Ja. Appendiks [Appendix] / J. Bolyai // Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii»» [The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 71-90. [in Russian]

12. Staudt von G. K. Ch. Beitrage zur Geometrie der Lage, Erstes Heftr [Contributions to the Geometry of the situation, the First Heftr] / G. K. Ch. von Staudt – Nurnberg, Verlag von Bauer und Raspe (Julius Merz), 1856. – 129 p.[ in Germany]

13. .Klejn F. O tak nazyvaemoj neevklidovoj geometrii [About the so-called non-Euclidean geometry] / F. Klein // Sbornik: «Ob osnovanijah geometrii» [The collection: "On the foundations of geometry"]. – M.: Izd-vo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956. – P. 253-303. [in Russian]

14. de Sitter V. O teorii tjagotenija Jejnshtejna i ee sledstvijah dlja astronomii. Stat'ja III. [On the theory of gravitation of Einstein and its consequences for astronomy. Article III.] / V. de Sitter // Sbornik. statej: «Al'bert Jejnshtejn i teorija gravitacii»[ Collection of articles: "albert Einstein and the theory of gravitation"]. – M.: Mir, 1979. – P. 299-319. [in Russian]
15. Klejn F. Ob integral'noj forme zakonov sohranenija i teorii prostranstvenno zamknutogo mira [About the integral form of the conservation laws and the theory of spatially closed world] / F. Klein //Jejnshtejnovskij sbornik, 1980-1981[Einstein collection, 1980-1981]. – M.: Nauka, 1985. – P. 226-254. [in Russian]

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY**

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.019**

**Гогин Л.Л.[1], Жижина Е.Г.[2], Пай З.П.[3]**
[1]ORCID: 0000-0001-8127-8220, кандидат технических наук,
[2]ORCID: 0000-0001-6419-7568, доктор химических наук,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, доктор технических наук,
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИК СО РАН (проект № 0303-2016-0008)*

# НОВЫЙ ПУТЬ СИНТЕЗА ЗАМЕЩЕННЫХ АНТРАХИНОНОВ В ПРИСУТСТВИИ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

***Аннотация***

*Производные 9,10-антрахинона (АХ) широко востребованы, однако существующие способы их производства давно устарели: процессы неэкономичны и неэкологичны. В настоящей работе на примере получения 2,3,6,7-тетраметил-9,10-АХ (ТМАХ) исследован новый путь синтеза замещенных АХ из гидрохинона (ГХ) и замещенных диенов (здесь – 2,3-диметилбутадиена, ДМБ). В качестве бифункционального (кислотного и окислительного) катализатора в one-pot процессе использован раствор высокованадиевый гетерополикислоты состава* $H_{17}P_3Mo_{16}V_{10}O_{89}$ *(ГПК-10).*

*Исследовано влияние ряда параметров на ключевые показатели процесса. В выбранных условиях за 24 ч получена малорастворимая смесь двух продуктов (80% ТМАХ и 20% ДГТМАХ – недоокисленного дигидропроизводного ТМАХ), которая может быть использована в качестве эффективного катализатора делигнификации древесины. Полученные результаты открывают реальные перспективы создания малоотходных процессов синтеза замещенных АХ из ГХ и замещенных 1,3-диенов в присутствии растворов ГПК. Катализаторы обладают высокой активностью, стабильностью и эффективностью.*

**Ключевые слова**: катализ, окисление, кислород, диеновый синтез, *one-pot* процессы, окислительно-восстановительный потенциал, замещенные антрахиноны, кислоты.

**Gogin L.L.[1], Zhizhina E.G.[2], Pai Z.P.[3]**
[1]ORCID: 0000-0001-8127-8220, PhD in Engineering,
[2]ORCID: 0000-0001-6419-7568, PhD in Chemistry,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, PhD in Engineering,
Boreskov Institute of Catalysis of SB RAS

*The study was conducted in the framework of state task of the FSBIN of the SB RAS (project No. 0303-2016-0008)*

# NEW WAY OF SYNTHESIS OF SUBSTITUTED ANTHRAQUINONS IN THE PRESENCE OF BIFUNCTIONAL CATALYSTS

***Abstract***

*The derivatives of 9,10-anthraquinone (AQ) are in great demand nowadays. However, the existing methods for their production have long been outdated. Current processes are uneconomical and environmentally unfriendly. In the present work, a new way of synthesizing substituted AQ from hydroquinone (HQ) and substituted dienes (here it is 2,3-dimethylbutadiene, DMB) are studied using the example of 2,3,6,7-tetramethyl-9,10-AQ (TMAQ) preparation. As a bi-functional (acidic and oxidizing) catalyst, a high-vanadium heteropolyacids solution of H17P3Mo16V10O89 (HPA-10) composition was used in one-pot process.*

*The influence of a number of parameters on key process indicators is studied. Under the selected conditions, an insoluble mixture of two products (80% of TMAQ and 20% of DGTMAQ, an under-oxidized dihydro derivative of TMAQ) was obtained in 24 hours, which can be used as an effective wood delignification catalyst. The obtained results open real prospects for the development of low-waste processes for the synthesis of substituted AQ from HQ and substituted 1,3-dienes in the presence of solutions of HPA. The catalysts are characterized by high activity, stability and efficiency.*

**Keywords**: catalysis, oxidation, oxygen, diene synthesis, one-pot processes, oxidation-reduction potential, substituted anthraquinones, acids.

9,10-Антрахинон (АХ) и его производные являются важными продуктами органического синтеза [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Они применяются в производстве красителей [2], [3], [4], пероксида водорода [3], [5], лекарственных препаратов [3], [6], [7], как катализаторы делигнификации древесины [3] и др. Существующие промышленные методы синтеза производных АХ уже давно устарели, они, как правило, многостадийны и сопровождаются обильными отходами, в частности кислыми стоками. Так, для промышленного производства 2-алкил- и 2-хлоро-АХ используется метод синтеза из фталевого ангидрида и соответствующих монозамещенных бензолов с получением *о*-бензоилбензойных кислот с их последующей циклизацией в присутствии сильных кислот [2]. В качестве исходного

сырья в многостадийных синтезах 1- и полизамещенных АХ используется незамещенный АХ, который переводят в сульфо- или нитропроизводные с дальнейшей модификацией боковой цепи [2]. Применяемый для синтеза незамещенного АХ метод окисления антрацена (получаемого из каменноугольной смолы) в случае замещенных АХ непригоден ввиду дефицитности исходного сырья – замещенных антраценов [2].

Одним из возможных методов получения замещенных АХ является диеновый синтез. Он базируется на реакции между 1,4-нафтохиноном (НХ) и замещенными 1,3-бутадиенами [3]. Возможно также использование нафтохинонов с одинаковыми заместителями в 6, 7 и (или) 5, 8 положениях. Аддукты получают в органических растворителях (при синтезе АХ процесс ведут под давлением 1,3-бутадиена 0,3-2 МПа, для снижения давления используют органические кислоты). Аддукты диенового синтеза могут быть далее окислены в АХ сильными окислителями в кислой среде ($CuCl_2$, $H_2O_2$ или $NaClO_3$ [9]) или кислородом воздуха в щелочной среде [10].

Таким образом, в настоящий момент *очень актуальна* проблема разработки экологически благоприятного процесса получения АХ и его замещенных производных.

В качестве окислителей различных органических субстратов (Su) кислородом с успехом могут быть использованы водные растворы Mo-V-P гетерополикислот (ГПК). Последние отличает то, что они являются *обратимо действующими* окислителями, т.е. их восстановленные формы могут быть окислены кислородом в исходные ГПК [11]. Следовательно, в присутствии раствора ГПК можно создать двухстадийный *каталитический процесс окисления* Su кислородом, в котором стадия (2) – это регенерация ГПК. Сумма этих 2-х реакций является *каталитическим циклом* реакции:

$$Su + {}^{1}/_{2}\,O_2 \rightarrow SuO.$$

Высокая производительность гомогенных катализаторов на основе ГПК обеспечивается высокой концентрацией V(V), поскольку именно атомы ванадия в каталитических двухстадийных процессах (1) + (2) претерпевают редокс-превращения ($V^{V}\rightarrow V^{IV}\rightarrow V^{V}$). Эффективность катализаторов достигается использованием *модифицированных* (некеггиновских) *высокованадиевых* растворов Mo-V-P ГПК. Эти растворы обладают не только высокой окислительной ёмкостью, но и более высокой термостабильностью по сравнению с традиционными кеггиновскими растворами состава $H_{3+x}PMo_{12-x}V_xO_{40}$ (x=1-4) [12],[13].

С точки зрения катализа очень важно, что растворы Mo-V-P ГПК являются сильными бренстедовскими кислотами. Поэтому их можно использовать в качестве бифункциональных (кислотных и окислительных) катализаторов.

Ранее [14],[15],[16],[17] был разработан *one-pot* процесс получения 9,10-антрахинона и его производных из НХ и 1,3-бутадиена в присутствии модифицированных растворов ГПК брутто-составов $H_{15}P_4Mo_{18}V_7O_{89}$ (ГПК-7) и $H_{17}P_3Mo_{16}V_{10}O_{89}$ (ГПК-10), позволяющий при 80 °С, при полной конверсии НХ получать АХ с выходом 70% и содержанием основного вещества до 97%. Были использованы смешивающиеся с водой органические растворители. Растворы ГПК после их регенерации кислородом использовали в целевой реакции (1) *многократно*.

В качестве исходного субстрата для получения АХ диеновым синтезом можно использовать не только НХ, но и 1,4-бензохинон (БХ) [16]. Поскольку БХ легко получается окислением гидрохинона (ГХ), то при проведении реакции между ГХ и замещенными диенами в присутствии ГПК можно ожидать получения производных АХ.

Целью настоящего исследования была оценка перспектив разработки каталитических *one-pot* процессов синтеза замещенных АХ из ГХ (нового сырья) в присутствии модифицированных растворов ГПК в качестве бифункциональных катализаторов. В качестве примера представлены данные по получению тетраметилантрахинона (ТМАХ) при взаимодействии ГХ с 2,3-диметилбутадиеном (ДМБ) в присутствии упомянутого выше модифицированного раствора ГПК-10 (см. рис. 1).

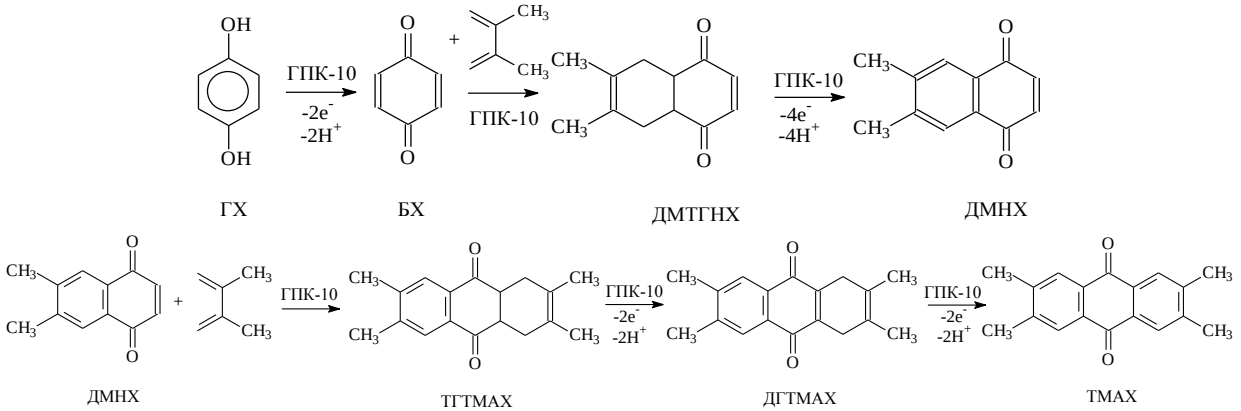



Рис. 1 – *One-pot* процесс получения 2,3,6,7-тетраметил-9,10-АХ (ТМАХ) при взаимодействии гидрохинона (ГХ) с 2,3-диметилбутадиеном в присутствии раствора ГПК-10 (ДМТГНХ – 4а,5,8,8а-тетрагидро-6,7-диметил-1,4-НХ; ДМНХ – 6,7-диметил-1,4-НХ; ТГТМАХ – 1,4,4а,9а-тетрагидро-ТМАХ; ДГТМАХ – 1,4-дигидро-ТМАХ)

Процесс начинается с быстрого и количественного окисления ГХ гетерополикислотой в БХ, который в кислой среде конденсируется с ДМБ. Аддукты циклоприсоединения окисляются в 6,7-диметил-1,4-нафтохинон (ДМНХ), который вступает в реакцию диенового синтеза со второй молекулой ДМБ. В результате образуется новый аддукт ТГТМАХ (1,4,4а,9а-тетрагидро-ТМАХ), окисление которого приводит к целевому ТМАХ. Малорастворимый продукт реакции, представляющий собой смесь антрахиноновых производных, практически количественно выпадает в осадок из реакционного раствора.

Было установлено, что выход ТМАХ в таком процессе возрастает с ростом его длительности: 61% за 14 ч, 70% за 18 ч, 76% за 24 ч. Поскольку дальнейший рост замедляется, время реакции в исследованиях было ограничено 24 ч.

Предыдущие исследования показали, что природа органического растворителя (ОР) может играть ключевую роль в направлении и скорости протекания процессов с участием органических веществ [18]. Поэтому в данной работе было изучено влияние природы гидрофильного ОР (для лучшего смешения ГПК и органических веществ) на показатели процесса. Среди использованных ОР были диоксан, диглим и этанол, которые существенно отличаются по свойствам, в частности, по полярности и основности. Лучшим оказался 1,4-диоксан. В его присутствии за 24 ч реакция диенового синтеза с образованием антрахиноновых аддуктов протекала полностью (данные ВЭЖХ и $H^1$ ЯМР показали отсутствие производных НХ), содержание ТМАХ в твердом продукте реакции достигало 79%, а его выход был 74%. Кроме того, после завершения целевого процесса (перед регенерацией катализатора) диоксан отделяли от водного раствора отгонкой его азеотропа с водой (т. кип. 88 °С) и вновь использовали в *one-pot* процессе на следующем цикле. Поскольку диглим кипит при более высокой температуре (161°С), его труднее отделять от реакционного раствора. Это было еще одним основанием в пользу выбора диоксана в качестве растворителя для проведения процесса по схеме 1.

Оценивая влияние кислотности среды на ключевые показатели процесса, установлено, что *незначительные* изменения pH реакционной среды не оказывают на них заметного влияния. В опытах кроме раствора свободной ГПК-10 использована ее кислая соль брутто-состава $KH_{16}P_3Mo_{16}V_{10}O_{89}$, полученная частичной нейтрализацией раствора ГПК-10 поташом. Кроме того, с целью снижения кислотности реакционного раствора был опробован разбавленный в 2 раза раствор ГПК-10, в котором количество ГПК было таким же, а концентрация ее в 2 раза ниже. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что концентрация протонов в растворах ГПК-10 и ее кислых солей (pH во всех случаях ниже 0) *высока и вполне достаточна* для протекания кислотно-каталитической реакции диенового синтеза, т.е. $[H^+]$ не лимитирует скорость всего *one-pot* процесса схемы 1. Именно поэтому мы не наблюдаем влияния кислотности среды на ключевые показатели процесса.

Увеличения выхода ТМАХ удалось добиться увеличением мольного соотношения ДМБ : ГХ (Табл. 1). Вероятно, здесь сказывается тот факт, что реакция диенового синтеза является обратимой [19]. Поэтому при повышении количества диена и смещении вправо реакции циклоприсоединения наблюдается ускорение последующих стадий *one-pot* процесса по схеме 1. Из данных таблицы 1 следует, что при увеличении избытка диена в 2 раза выход целевого продукта (ТМАХ) увеличивается более чем в 2 раза.

Таблица 1 – Влияние мольного отношения ДМБ : ГХ на показатели *one-pot* процесса синтеза ТМАХ
*Условия*: ГХ – $1.3\times10^{-3}$ моля (0.143 г), ГПК-10 – $3.5\times10^{-3}$ моля (14 мл 0.25 М раствора), мольное отношение ГПК : ГХ 2.7, объемное отношение диоксан : водный раствор 1:1; 90 °С, 24 ч.

| Мольное отношение ДМБ : ГХ | Количество ДМБ по отношению к стехиометрическому количеству | Содержание ТМАХ в твердом продукте, % | Выход ТМАХ, % |
|---|---|---|---|
| 3.3 | 1.65 | 76* | 34 |
| 5 | 2.50 | 77** | 59 |
| 6.6 | 3.30 | 79** | 74 |

*Примечание: *– многокомпонентная смесь НХ и АХ производных; **– смесь ТМАХ и ДГТМАХ (данные ВЭЖХ и $H^1$ ЯМР).*

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что в присутствии раствора ГПК-10 в качестве бифункционального катализатора можно с успехом организовать *one-pot* процесс получения ТМАХ при взаимодействии ГХ с ДМБ. Наибольшее влияние на ключевые показатели процесса оказывают: время реакции, наличие гидрофильного растворителя и мольное отношение ДМБ : ГХ. Эксперименты, проведенные в выбранных условиях, обеспечили получение малорастворимой смеси двух продуктов: ~ 80% ТМАХ и ~ 20% ДГТМАХ (недоокисленного дигидропроизводного ТМАХ). Для достижения полного превращения всех промежуточных продуктов в ТМАХ по схеме 1 необходимы дополнительные исследования по оптимизации *one-pot* процесса, однако полученная смесь из двух антрахиноновых производных очень важна сама по себе. Она может быть использована в качестве эффективного катализатора делигнификации древесины [1].

Полученные в работе результаты открывают реальные перспективы создания малоотходных процессов получения различных *замещенных АХ* из гидрохинона и замещенных 1,3-диенов в присутствии модифицированных растворов Mo-V-P ГПК. Такие катализаторы обладают высокой активностью и стабильностью, а возможность их быстрой регенерации обеспечивает их эффективность.

**Список литературы / References**

1. Полотнюк О.-В. Я. К истории становления в Советском Союзе первого производства антрахинона. Часть 1. Разработка и внедрение промышленного производства антрахинона окислением антрацена кислородом воздуха в неподвижном слое катализатора / О.-В. Я. Полотнюк // Катализ в промышленности. – 2013. – № 5. – С. 59–65.

2. Bien H.-S. Anthraquinone Dyes and Intermediates / H.-S. Bien, J. Stawitz, K. Wunderlich // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – 2000. – P. 137-153. doi:10.1002/14356007.a02_355

3. Cofrancesco A. J. Anthraquinone / A. J. Cofrancesco // Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology. – 2000. – P. 410-418.doi:10.1002/0471238961.0114200803150618.a01

4. Chang J. B. Dichroic and spectral properties of anthraquinone-based azo dyes for PVA polarizing film / J. B. Chang, S. B. Yuk, J. S. Park and others // Dyes and Pigments. – 2012. – Vol. 92(1). – P. 737–744. doi.org/10.1016/j.dyepig.2011.06.024

5. Valim R. B. Electrogeneration of hydrogen peroxide in gas diffusion electrodes modified with tert-butyl-anthraquinone

on carbon black support / R. B. Valim, R. M. Reis, P. S. Castro and others // Carbon. – 2013. – Vol. 61. – P. 236–244. doi.org/10.1016/j.carbon.2013.04.100

6. Abdel-Hamid A. M. Chapter One – Insights into lignin degradation and its potential industrial applications / A. M. Abdel-Hamid, J. O. Solbiati, I. K. O Cann // Advances in Appl. Microbiology. – 2013. – Vol. 82. – P. 1–28. doi.org/10.1016/B978-0-12-407679-2.00001-6

7. Zhang C. Chapter 27 – Antimetastasis effect of anthraquinones from marine fungus, Microsporum sp. / C. Zhang, S.-K. Kim // Advances in Food and Nutrition Research. – 2012. –Vol. 65. – P. 415–421. doi.org/10.1016/B978-0-12-416003-3.00027-5

8. Caldiran Z. I–V–T (current–voltage–temperature) characteristics of the Au/Anthraquinone/p-Si/Al junction device / Z. Caldiran, A. R. Deniz, F. M. Coskun and others // J. Alloys and Compounds. – 2014. – Vol. 584. – P. 652–657. doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.006

9. Пат. 2001004856 Южная Корея. Preparation of naphtoquinone and anthraquinone using oxidizing agent / H. S. Ju, Y. J. Ju, J. E. Kim, J. I. Won. 2001.

10. Пат. 2000001821 Южная Корея. Method of manufacturing anthraquinone from 1,4-naphtoquinone and 1,3-butadiene / H. S. Ju, Y. J. Ju, J. E. Kim, J. I. Won, 2000.

11. Kozhevnikov I. V. Catalysis by heteropoly acids and multicomponent polyoxometalates in liquid-phase reactions / I. V. Kozhevnikov // Chem. Rev. – 1998. – Vol. 98(1). – P. 171–198. doi:10.1021/cr960400y

12. Zhizhina E. G. Homogeneous catalytic oxidation of propene to acetone and butene-1 to butanone in the presence of palladium and molybdovanadophosphoric heteropoly acid / E. G. Zhizhina, M. V. Simonova, V. F. Odyakov and others // Appl. Catal. A: General. – 2007. – Vol. 319. – P. 91–97. doi.org/10.1016/j.apcata.2006.11.024

13. Жижина Е. Г. Каталитические процессы окисления органических соединений кислородом в присутствии растворов Mo-V-фосфорных гетерополикислот / Е. Г. Жижина, В. Ф. Одяков, М. В. Симонова // Кинетика и катализ. – 2008. – Т. 49(6). – С. 814–823.

14. Пат. 2230612C1 Российская Федерация, МПК B01J23/44, B01J27/199, B01J27/26, C07C49/10. Катализатор и способ получения метилэтилкетона / Матвеев К. И., Жижина Е. Г., Одяков В. Ф.; заявитель и патентообладатель Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской Академии наук. – № 20031090070/04; заявл. 31.03.03; опубл. 20.06.04, Бюл. № 17. – С. 389.

15. Жижина Е. Г. Каталитический синтез 9,10-антрахинона в присутствии растворов Mo-V-фосфорных гетерополикислот / Е. Г. Жижина, М. В. Симонова, В. В. Русских и др. // Катализ в промышленности. – 2005. – № 1. – С. 12–17.

16. Zhizhina E. G. Aqueous solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids as bifunctional catalysts for preparation of 9,10-anthraquinone and its hydrogenated derivatives / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov // ChemCatChem. – 2012. – Vol. 4. – P. 1405–1410. doi: 10.1002/cctc.201200039

17. Гогин Л. Л. Перспективы использования растворов Mo-V-фосфорных гетерополикислот в качестве бифункциональных катализаторов процессов получения антрахинона и его замещенных производных / Л. Л. Гогин, Е. Г. Жижина, З. П. Пай и др. // Известия РАН, Сер. хим. – 2015. – № 9. – С. 2069–2075.

18. Жижина Е. Г. Каталитическое окисление 2,3,6-триметилфенола и 2-метилнафтола-1 в соответствующие пара-хиноны кислородом в присутствии растворов Mo-V-фосфорных гетерополикислот – ключевые стадии синтеза витаминов Е и К / Е. Г. Жижина, В. Ф. Одяков, К. И. Матвеев // Катализ в промышленности. – 2005. – № 6. – С. 19–27.

19. Бартон Д. Общая органическая химия. Том 1. Стереохимия, углеводороды, галогенсодержащие соединения / Д. Бартон, У. Д. Оллис; под общ. ред. Н. К. Кочеткова. – М. : Химия, 1981. – 736 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Polotnyuk O.-V. Ya. K istorii stanovlenija v Sovetskom Sojuze pervogo proizvodstva antrahinona. Chast' 1. Razrabotka i vnedrenie promyshlennogo proizvodstva antrahinona okisleniem antracena kislorodom vozduha v nepodvizhnom sloe katalizatora [To the history of the first production of anthraquinone in the Soviet Union. Part 1. Development and implementation of industrial production of anthraquinone by the oxidation of anthracene with air oxygen in a fixed catalyst bed] / O.-V. Ya. Polotnyuk // Kataliz v promyshlennosti [Catalysis in Industry]. – 2013. – №. 5. – P. 59–65. [in Russian]

2. Bien H.-S. Anthraquinone Dyes and Intermediates / H.-S. Bien, J. Stawitz, K. Wunderlich // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – 2000. – P. 137-153. doi:10.1002/14356007.a02_355

3. Cofrancesco A. J. Anthraquinone / A. J. Cofrancesco // Kirk-Othmer Encyclopedia of chemical technology. – 2000. – P. 410-418.

doi:10.1002/0471238961.0114200803150618.a01

4. Chang J. B. Dichroic and spectral properties of anthraquinone-based azo dyes for PVA polarizing film / J. B. Chang, S. B. Yuk, J. S. Park and others // Dyes and Pigments. – 2012. – Vol. 92(1). – P. 737–744. doi.org/10.1016/j.dyepig.2011.06.024

5. Valim R. B. Electrogeneration of hydrogen peroxide in gas diffusion electrodes modified with tert-butyl-anthraquinone on carbon black support / R. B. Valim, R. M. Reis, P. S. Castro and others // Carbon. – 2013. – Vol. 61. – P. 236–244. doi.org/10.1016/j.carbon.2013.04.100

6. Abdel-Hamid A. M. Chapter One – Insights into lignin degradation and its potential industrial applications / A. M. Abdel-Hamid, J. O. Solbiati, I. K. O Cann // Advances in Appl. Microbiology. – 2013. – Vol. 82. – P. 1–28. doi.org/10.1016/B978-0-12-407679-2.00001-6

7. Zhang C. Chapter 27 – Antimetastasis effect of anthraquinones from marine fungus, Microsporum sp. / C. Zhang, S.-K. Kim // Advances in Food and Nutrition Research. – 2012. – Vol. 65. – P. 415–421. doi.org/10.1016/B978-0-12-416003-3.00027-5

8. Caldiran Z. I–V–T (current–voltage–temperature) characteristics of the Au/Anthraquinone/p-Si/Al junction device / Z. Caldiran, A. R. Deniz, F. M. Coskun and others // J. Alloys and Compounds. – 2014. – Vol. 584. – P. 652–657. doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.09.006

9. Pat. 2001004856 South Korea. Preparation of naphtoquinone and anthraquinone using oxidizing agent / H. S. Ju, Y. J. Ju, J. E. Kim, J. I. Won. 2001.

10. Pat. 2000001821 South Korea. Method of manufacturing anthraquinone from 1,4-naphtoquinone and 1,3-butadiene / H. S. Ju, Y. J. Ju, J. E. Kim, J. I. Won, 2000.

11. Kozhevnikov I. V. Catalysis by heteropoly acids and multicomponent polyoxometalates in liquid-phase reactions / I. V. Kozhevnikov // Chem. Rev. – 1998. – Vol. 98(1). – P. 171–198. doi:10.1021/cr960400y

12. Zhizhina E. G. Homogeneous catalytic oxidation of propene to acetone and butene-1 to butanone in the presence of palladium and molybdovanadophosphoric heteropoly acid / E. G. Zhizhina, M. V. Simonova, V. F. Odyakov and others // Appl. Catal. A: General. – 2007. – Vol. 319. – P. 91–97. doi.org/10.1016/j.apcata.2006.11.024

13. Zhizhina E. G. Kataliticheskie processy okislenija organicheskih soedinenij kislorodom v prisutstvii rastvorov Mo-V-fosfornyh geteropolikislot [Catalytic processes of oxidation of organic compounds by oxygen in the presence of solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids] / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov, M. V. Simonova // Kinetika i kataliz [Kinet. Catal.]. – 2008. – Vol. 49(6). – P. 814–823. [in Russian]

14. Pat. 2230612C1 Russian Federation, MPK B01J23/44, B01J27/199, B01J27/26, C07C49/10. Katalizator i sposob poluchenija metiljetilketona [Catalyst and method for producing methyl ethyl ketone] / Matveev K. I., Zhizhina E. G., Odyakov V. F.; the applicant and the patentee Boreskov Institute of Catalysis SB RAS. – № 20031090070/04; appl. 31/03/03; publ. 20.06.04, Bul. Number 17. – P. 389. [in Russian]

15. Zhizhina E. G. Kataliticheskij sintez 9,10-antrahinona v prisutstvii rastvorov Mo-V-fosfornyh geteropolikislot [Catalytic synthesis of 9,10-anthraquinone in the presence of solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids] / E. G. Zhizhina, M. V. Simonova, V. V. Russkikh and others // Kataliz v promyshlennosti [Catalysis in Industry]. – 2005. – № 1. – C. 12–17. [in Russian]

16. Zhizhina E. G. Aqueous solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids as bifunctional catalysts for preparation of 9,10-anthraquinone and its hydrogenated derivatives / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov // ChemCatChem. – 2012. – Vol. 4. – P. 1405–1410. doi: 10.1002/cctc.201200039

17. Gogin L. L. Perspektivy ispol'zovanija rastvorov Mo-V-fosfornyh geteropolikislot v kachestve bifunkcional'nyh katalizatorov processov poluchenija antrahinona i ego zameshhennyh proizvodnyh [Prospects of application of Mo-V-phosphoric heteropolyacid solutions as bifunctional catalysts for syntheses of anthraquinones and their substituted derivatives] / L. L. Gogin, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai and others // Izvestija RAN, Serija himicheskaja [Russian Chemical Bulletin, International Edition]. – 2015. – Vol. 64(9). – C. 2069–2075. [in Russian]

18. Zhizhina E. G. Kataliticheskoe okislenie 2,3,6-trimetilfenola i 2-metilnaftola-1 v sootvetstvujushhie para-hinony kislorodom v prisutstvii rastvorov Mo-V-fosfornyh geteropolikislot – kljuchevye stadii sinteza vitaminov E i K [The catalytic oxidation of 2,3,6-trimethylphenol and 2-methylnaphthol-1 to the corresponding paraquinones with oxygen in the presence of solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids is the key stages in the synthesis of vitamins E and K] / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov, K. I. Matveev // Kataliz v promyshlennosti [Catalysis in Industry]. – 2005. – № 6. – P. 19–27. [in Russian]

19. Barton D. Obshhaja organicheskaja himija. Tom 1. Stereohimija, uglevodorody, galogensoderzhashhie soedinenija [General organic chemistry. Volume 1. Stereochemistry, hydrocarbons, halogenated compounds] / D. Barton, Y. D. Ollis ; edited by N. K. Kochetkova. – M.: Himija, 1981. – 736 p. [in Russian]

RUSSIAN LINGUISTIC BULLETIN

via scientiarum

***Russian Linguistic Bulletin*** *– рецензируемое научное издание, посвященное вопросам лингвистики и преподаванию языка, которое предоставляет возможность опубликовать свои научные достижения аспирантам, преподавателям вузов, лицам, имеющим ученую степень, общественным деятелям, деятелям культуры и образования, политикам из стран СНГ и дальнего зарубежья.*

*Подробную информацию о журнале Вы можете найти на сайте:* ***http://rulb.org/***

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.015**

**В.Н. Конев[1], Т.Б. Хлебникова[2], З.П. Пай[3]**
[1]ORCID: 0000-0002-5962-9538,
[2]ORCID: 0000-0002-3366-9128, кандидат химических наук,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, доктор технических наук,
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

*Работа выполнена при поддержке Российской Академии наук и Федерального Агентства Научных организаций (проект V.44.5.8 № 0303-2016-0008)*

# СИНТЕЗ НОВЫХ ОСНОВАНИЯ ШИФФА И БИСАМИНОФЕНОЛА ИЗ ЛЕВОПИМАРОВОЙ КИСЛОТЫ

***Аннотация***

*Доступный оптически чистый дитерпен – левопимаровая кислота - был использован в качестве хирального природного сырья для получения энантиомерно чистых диамина и основания Шиффа. Синтез основан на превращении монометилового эфира фумаропимаровой кислоты в оптически чистый транс-1,2-диамин через перегруппировку Курциуса с сохранением конфигурации хиральных центров. Взаимодействием хирального диамина с салициловым альдегидом был получен бисальдимин, восстановление которого привело к получению транс-1,2-бисаминофенола.*

**Ключевые слова**: живица, дитерпены, хиральные соединения, Pinus silvestris.

**V.N. Konev[1], T.B. Khlebnikova[2], Z.P. Pai[3]**
[1]ORCID: 0000-0002-5962-9538,
[2]ORCID: 0000-0002-3366-9128, PhD in Chemistry,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, PhD in Engineering,
Boreskov Institute of Catalysis SB RAS

*The work was supported by the Russian Academy of Sciences and the Federal Agency of Scientific Organizations (project V.44.5.8 No. 0303-2016-0008)*

# SYNTHESIS OF NEW SCHIFF BASIS AND BISAMINOPHENOL FROM LEVOPYMARIC ACID

***Abstract***

*The available optically pure diterpenes, levopimaric acid, is used as a chiral natural raw material for the preparation of enantiomerically pure diamine and Schiff basis. The synthesis is based on the conversion of the fumaropimaric acid monomethyl ester to optically pure trans-1,2-diamine through the Curtius rearrangement, while maintaining the configuration of the chiral centers. By the interaction of chiral diamine with salicylic aldehyde, bisaldimine is obtained, the reduction of which led to the production of trans-1,2-bisaminophenol.*

**Keywords:** oleoresin, diterpenes, chiral compounds, Pinus silvestris.

Природные оптически чистые соединения являются удобным возобновляемым сырьем для синтеза сложных соединений с потенциалом использования в фармацевтической промышленности в качестве полупродуктов или реагентов для разделения или анализа энантиомеров. Многие природные соединения, содержащие в молекулах асимметрические центры, являются доступными и обладают разнообразным набором легко трансформируемых функциональных групп. Природные аминокислоты, углеводы, терпены, алкалоиды и др. широко используются в синтезе медицинских препараторов, пищевых добавок, катализаторов асимметрических реакций [1, С. 935], [2, С. 1], [3, С. 2007]. Применение дитерпенов в качестве строительных блоков для синтеза хиральных веществ и материалов исследовано в гораздо меньшей степени, что можно объяснить недостаточным разнообразием легковоспроизводимых методов стереоселективной гетерофункционализации этого класса природных соединений. В литературе встречаются немногочисленные примеры использования дитерпенов в качестве медицинских препаратов или бифункциональных органических катализаторов [4, С. 2114], [5, С. 2406].

В то же время, дитерпеновые смоляные кислоты представляют собой оптически чистые реакционноспособные соединения, которые могут служить удобным и доступным хиральным материалом для синтеза широкого спектра оптически активных веществ, поскольку являются основными компонентами живиц и канифолей – крупнотоннажных продуктов переработки деревьев хвойных пород. Ранее нами были разработаны методы получения оптически чистых азот- и фосфорсодержащих производных дитерпеновых смоляных кислот, а также была показана возможность синтеза металлокомплексов с полученными моно- и бидентатными *N*-, *P*-лигандами и их использования в каталитических асимметрических превращениях [6, С. 40].

В данной статье представлены результаты дальнейших исследований в разработке методологии функционализации природных дитерпеновых смоляных кислот. Целью нашей работы была разработка синтеза хиральных оптически чистых 1,2-бисаминофенола и основания Шиффа из левопимаровой кислоты.

**Экспериментальная часть**

$^1$H NMR и $^{13}$C NMR спектры были записаны на Bruker AV-300 и AM-400 спектрометрах. Химические сдвиги для $^1$H NMR были записаны в м.д. (δ) относительно тетраметилсилана (0 м.д.), сигналы растворителей использовались в качестве внутреннего стандарта ($CDCl_3$, d 7.25 м.д.). Химические сдвиги для ЯМР $^{13}$C были записаны в м.д., с использованием сигнала дейтерохлороформа (76.90 м.д.) в качестве внутреннего стандарта. Углы оптического вращения записаны на поляриметре polAAr 3005 с использованием 100 мм кюветы (концентрация приведена в г/100 мл). Масс-спектры высокого разрешения записаны на DFS-спектрометре. Для записи ИК-спектров использовался прибор Инфралюм FT-801 или Shimadzu IRAffinity-1 FT-IR спектрометр. Тонкослойная хроматография проводилась с использованием пластин Сорбфил ПТСХ-АФ-А (силикагель на алюминиевых пластинах). Для проявления пятен пластины обрабатывали 10% раствором фосфорномолибденовой кислоты в этаноле с последующим нагреванием. Для колоночной хроматографии использовали силикагель (Panreac 60-230 мкм). Все коммерчески доступные соединения использовали без дополнительной очистки. Растворители сушили стандартными лабораторными способами.

**13-Isopropyl-17,18-dinor-atis-13-ene-15*β*,16*α*-di(2-hydroxybenzylideneamino)-4-carboxylic acid methyl ester (3):** К раствору 1 г диамина (2,7 ммоль) в 20 мл хлороформа добавили 0,65 г (5,3 ммоль) салицилового альдегида. Реакционную смесь перемешивали 8 ч, затем растворитель удалили в вакууме, остаток кристаллизовали из этанола. Получили 1,38 г (89%) желтых кристаллов. Тпл. = 129-131 °C, $[\alpha]_D^{25}$: +330.0 (*c* 0.4, $CHCl_3$). $^1$H NMR (300 MHz, $CDCl_3$): $\delta$ = 0.72 (s, 3H), 1.05 (m, 2H), 1.12 (m, 7H), 1.17 (m, 4H), 1.55 (m, 6H), 1.75 (m, 3H), 2.18 (m, 1H), 2.46 (m, 1H), 2.56 (m, 1H), 2.92 (d, *J* = 2.2 Hz, 1H), 3.06 (m, 1H), 3.66 (s, 3H), 5.59 (s, 1H), 6.83-7.01 (m, 4H), 7.19-7.37 (m, 4H), 8.15 (s, 1H), 8.27 (s, 1H), 13.43 (br s, 1H), 13.53 (br s, 1H) ppm. $^{13}$C NMR (75 MHz, $CDCl_3$): $\delta$ = 179.5, 164.6, 163.6, 161.3, 161.2, 147.9, 132.6, 132.4, 131.6, 131.5, 125.4, 118.9, 118.8, 118.6, 118.6, 117.1, 117.09, 85.5, 76.7, 53.3, 52.0, 49.9, 47.4, 42.3, 40.8, 38.3, 37.7, 37.0, 34.9, 32.9, 22.2, 21.9, 20.87, 20.85, 17.3, 16.9, 16.3. IR (KBr): 2929, 2868, 1723, 1626, 1579, 1494, 1460, 1386, 1280, 1244, 1194, 1150, 1071, 1049, 846, 757 cm$^{-1}$. HRMS ESI $[M]^+$ calcd. for $C_{37}H_{46}N_2O_4$ 582.3457, found 582.3456.

**13-isopropyl-17,18-dinor-atis-13-ene-15*β*,16*α*-di[(2-hydroxybenzyl)amino]-4-carboxylic acid methyl ester (4):** К раствору основания Шиффа **3** (1 ммоль) в этаноле (10 мл) при комнатной температуре порциями добавили боргидрид натрия (150 мг, 4 ммоль). Контроль протекания реакции осуществляли по ТСХ. Реакционную смесь упарили, добавили 10 мл воды, экстрагировали этилацетатом (2x20 мл). Органическую фазу отделили, сушили над $Na_2SO_4$, упарили. Продукт очищали колоночной хроматографией на силикагеле (гексан-этилацетат 7:3). Получили диамин в виде бесцветных кристаллов массой 0,56 г (96%). Тпл. 173-175 °C, $[\alpha]_D^{25}$: +16.4 (*c* 0.5, $CHCl_3$). $^1$H NMR (400 MHz, $CDCl_3$): $\delta$ = 0.65 (s, 3H), 0.96 (m, 1H), 1.02 (m, 6H), 1.06 (m, 1H), 1.16 (s, 3H), 1.20 (m, 1H), 1.30 (m, 1H), 1.42 (m, 4H), 1.53 (m, 2H), 1.71 (m, 2H), 1.82 (m, 1H), 2.02 (m, 1H), 2.15 (m, 1H), 2.30 (m, 1H), 2.41 (m, 1H), 2.75 (m, 1H), 3.66 (s, 3H), 3.83 (d, *J* = 13.6 Hz, 1H), 3.89 (d, *J* = 13.6 Hz, 1H), 3.95 (d, *J* = 13.6 Hz, 1H), 4.06 (d, *J* = 13.6 Hz, 1H), 5.40 (s, 1H), 6.74 (m, 1H), 6.81 (m, 2H), 6.88 (m, 1H), 6.97 (m, 1H), 7.03 (m, 1H), 7.14 (m, 1H), 7.20 (m, 1H) ppm. $^{13}$C NMR (100 MHz, $CDCl_3$): $\delta$ = 179.4, 158.7, 158.3, 149.5, 129.5, 129.3, 128.8, 128.7, 124.8, 123.1, 123.07, 119.8, 119.5, 116.9, 116.8, 73.7, 63.6, 53.8, 52.3, 50.8, 50.3, 49.8, 47.6, 43.0, 38.8, 37.9, 37.2, 35.9, 34.9, 33.1, 22.2, 21.6, 21.0, 20.8, 17.5, 17.2, 16.2. IR (KBr): 3282, 2926, 2865, 1708, 1612, 1590, 1476, 1446, 1387, 1248, 1193, 1139, 1104, 845, 797, 752 cm$^{-1}$. HRMS ESI $[M]^+$ calcd. for $C_{37}H_{50}N_2O_4$ 586.3765, found 586.3768.

Учитывая химические свойства левопимаровой кислоты (**1**) и других компонентов, входящих наряду с ней в состав природного сырья, мы определили оптимальную последовательность стадий синтеза 1,2-диамина (*см. рис. 1*). Сосновая живица *Pinus silvestris* на 75-95% состоит из смеси смоляных кислот абиетинового типа – трициклических диеновых дитерпенов, содержащих одну карбоксигруппу и претерпевающих взаимопревращения при нагревании или в присутствии кислотных катализаторов [7, P. 342]. Левопимаровая кислота (**1**) - одна из кислот абиетинового типа, составляющая 30-50 % от сосновой живицы - является *цис*-диеном и легко вступает в реакцию Дильса-Альдера с активированными диенофилами уже при 20-30 °C [8, C. 39-54, 150-163], [9, C. 368]. Другие кислоты абиетинового ряда образуют те же аддукты Дильса-Альдера при температурах 150 °C, после *in situ* изомеризации в левопимаровую кислоту [9, P. 368]. Диеновый синтез протекает с высокой стереоселективностью и, вследствие значительной разницы в растворимости образующихся диастереомеров, основной продукт легко отделяется при кристаллизации как от минорных изомеров, так и от непрореагировавших компонентов исходного сырья [9, C. 368]. Полученный таким образом оптически чистый аддукт циклоприсоединения (**2**) содержит *транс*-1,2-карбоксигруппы, которые легко превращаются в *транс*-1,2-аминогруппы через перегруппировку Курциуса. Аналогичное превращение мы использовали ранее при стереоспецифичном синтезе моноамина из дегидроабиетиновой кислоты [6, C. 40].

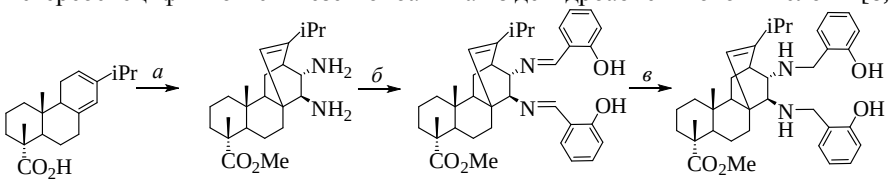



Рис. 1 - Синтез диамина (**4**) из левопимаровой кислоты (**1**). Реагенты и условия: (*а*) $CH_3I$, $K_2CO_3$, ацетон, кипячение, 6 ч; фумаровая кислота, 180 °C, Ar, 6 ч; $SOCl_2$, ДМФА, 110 °C, 3 ч; $NaN_3$, толуол, +5 °C, 2 ч; толуол, 110 °C, 2 ч; HCl (35%), 110 °C, 2 ч; $H_2O$, $K_2CO_3$; (*б*) 2-(OH)-PhCHO, $CHCl_3$; (*в*) $NaBH_4$, $C_2H_5OH$

Для того чтобы избежать получения нежелательного триамина, при реализации разработанной схемы синтеза 1,2-диамина (2) использовали предварительно этерифицированную сосновую живицу. Метилирование смеси смоляных кислот происходит в результате их взаимодействия с йодистым метилом при кипячении в ацетоне в присутствии карбоната калия. Диеновый синтез осуществляли в атмосфере аргона при 180 °C без органических растворителей, используя метиловые эфиры смоляных кислот и фумаровую кислоту. Последовательная обработка реакционной смеси диэтиловым эфиром и перекристаллизация выпавшего осадка из метанола приводит к выделению метилового эфира фумаропимаровой кислоты. Полученный таким образом монометиловый эфир фумаропимаровой кислоты является оптически чистым соединением, что подтверждается наличием в спектрах ЯМР $^1$H и $^{13}$C только одного набора сигналов.

Превращение монометилового эфира фумаропимаровой кислоты в *транс*-1,2-диамин **2** через перегруппировку Курциуса было осуществлено *one pot* без выделения промежуточных продуктов (дихлорангидрид, диазид и диизоцианат) с общим выходом 78% [10, C. 159]. Дихлорангидирид метилового эфира фумаропимаровой кислоты получали обработкой аддукта Дильса-Альдера хлористым тионилом с 0.1 мл диметилформамида при кипении в толуоле за 3 ч. Дихлорангидрид метилового эфира фумаропимаровой кислоты не выделяли в чистом виде и использовали для получения диазида без дополнительной очистки. Синтез диазида проводили в двухфазной системе толуол-вода при температуре 5 °C взаимодействием дихлорангидрида метилового эфира фумаропимаровой кислоты с

азидом натрия. Диазид ввиду термической нестабильности не выделяли в чистом виде, а использовали в дальнейшем синтезе без дополнительной очистки. Диизоцианат получали с использованием термической перегруппировки Курциуса. Для этого раствор диазида в толуоле осторожно нагревали, а затем кипятили. Полученный диизоцианат разлагали соляной кислотой при нагревании в толуоле. После обработки выпавшего дигидрохлорида диамина водным раствором карбоната калия выделяли свободный амин.

Синтез ключевого диамина **2** протекает стереоспецифично с образованием оптически чистого продукта, на основе которого были получены хиральные основание Шиффа **3** и вторичный амин **4** (см. рис. 1).

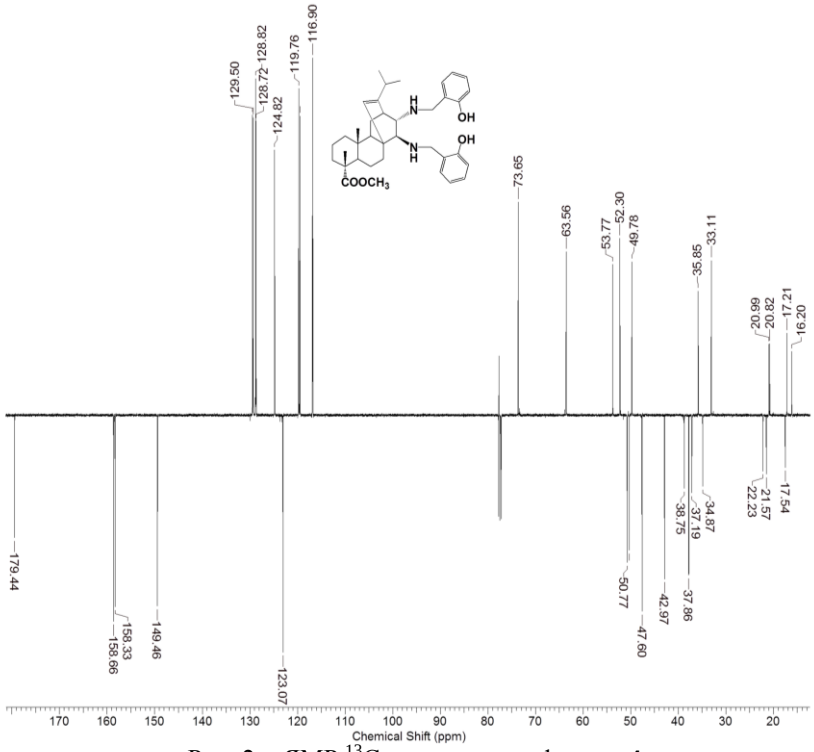



Рис. 2 – ЯМР $^{13}$C спектр аминофенола **4**

Новое основание Шиффа **3** было синтезировано с выходом 89% в результате конденсации *транс*-1,2-амина **2** с салициловым альдегидом в хлороформе. Очистку полученного продукта проводили перекристаллизацией из этанола. Строение нового оптически чистого основания Шиффа было установлено по данным ЯМР-спектроскопии. Так в $^{1}$H ЯМР-спектре имина **3** присутствуют характерные синглеты двух иминовых атомов водорода в области 8.16-8.26 м.д., сигналы фенольных атомов водорода наблюдаются при 13.4-13.5 м.д. Сигналы протонов двух ароматических колец наблюдаются в области 6.8- 7.4 м.д. Оптическая чистота полученного имина **3** подтверждается наличием в спектрах ЯМР только одного набора сигналов.

Новый аминофенол **4** был синтезирован восстановлением основания Шиффа **3** боргидридом натрия в этаноле при комнатной температуре. Очистка продукта осуществлялась колоночной хроматографией, в результате были получены бесцветные кристаллы аминофенола с выходом 96%. В $^{1}$H ЯМР-спектре аминофенола **4** отсутствуют сигналы двух иминовых атомов водорода и появляются сигналы дублетов 4 протонов метиленовых групп в области 3.8-4.1 м.д. Оптическая чистота полученного диамина **4** подтверждается наличием в спектрах ЯМР только одного набора сигналов (*см. рис. 2*).

Таким образом, был разработан способ аминофункционализации природного хирального соединения – левопимаровой кислоты. На основе 1,2-диаминопроизводного фумаропимаровой кислоты синтезированы с высокими выходами новые хиральные диазометин и диаминофенол в оптически чистом виде.

**Список литературы / References**

1. Blaser U. The Chiral Pool as a Source of Enantioselective Catalysts and Auxiliaries / U. Blaser // Chemical Reviews. – 1992. – Vol. 92. – P. 935-952. doi:10.1021/cr00013a009

2. Blaser H. U. Progress in enantioselective catalysis assessed from an industrial point of view / B. Pugin, F. Spindler // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2005. – Vol. 231. – P. 1-20. doi:10.1016/j.molcata.2004.11.025

3. Woodward S. Use of sugar-based ligands in selective catalysis: Recent developments / S. Woodward, M. Diéguez, O. Pàmies // Coordination Chemistry Reviews. – 2010. – Vol. 254. – P. 2007-2030. doi:10.1016/j.ccr.2010.03.005

4. González M. A. Semisynthesis of the Antiviral Abietane Diterpenoid Jiadifenoic Acid C from Callitrisic Acid (4-Epidehydroabietic Acid) Isolated from Sandarac Resin / M. A. González, R. J. Zaragozá // Journal of Natural Products. – 2014. – Vol. 77. – P. 2114–2117. doi:10.1021/np500569y

5. Liu Z.-M. Asymmetric organocatalytic conjugate addition of dialkyl phosphites to *N*-unprotected isatylidene malononitriles: access to 3-phospho-2-oxindoles with chiral quaternary stereocenters / Z.-M. Liu, N.-K. Li, X.-F. Huang, B. Wu, N. Li, C.-Y. Kwok, Y. Wang, X.-W. Wang // Tetrahedron. – 2014. – Vol. 70. – P. 2406-2415. doi:10.1016/j.tet.2014.02.023

6. Khlebnikova T. B. Synthesis of New Chiral Phosphorous- and Nitrogen-Containing Ligands From Resin Acids / T. B. Khlebnikova, N. N. Karpyshev, O. V. Tolstikova, A. G. Tolstikov // Chirality. – 2004. – Vol. 16. – P. 40-50. doi:10.1002/chir.20045

7. Baldwin D. Acidic Composition of Oleoresins and Rosins / D. Baldwin, V. Loeblich, R. Lawrence // Journal of Chemical & Engineering Data. – 1958. – Vol. 3. – P. 342-346. doi:10.1021/i460004a036

*8.* Sandermann W. Naturharze, Terpentinöl, Tallöl. Chemie und Technologie / W. Sandermann reprint of the original 1st ed. 1960 Edition, Verlag: WILEY-VCH, 1961. – 483 p.

9. Halbrook N.J. Preparation and Some of the Properties of *trans*-6,14-Dihydrolevopimaric Acid-6,14-*endo*-α,β-succinic Acid / N.J. Halbrook, R.V. Lawrence. // Journal of the American Chemical Society. – 1958. – Vol. 80. – P. 368-370. doi:10.1021/ja01535a030.

10. Konev V. N. Synthesis of Novel Optically Pure Chiral Diamine from Levopimaric Acid / V. N. Konev, T. B. Khlebnikova, Z. P. Pai // Chemistry for Sustainable Development. – 2011. – Vol. 19. – P. 159-162.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.004**

**Низамеев И.Р.[1], Кадиров М.К.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-5420-6181, кандидат химических наук,

[2]ORCID: 0000-0003-3204-8431, доктор химических наук,

Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук, Казанский национальный исследовательский технологический университет

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00145 мол_а*

## АССОЦИАТЫ НАНОРАЗМЕРНОГО ПАЛЛАДИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ

***Аннотация***

*В работе изучаются особенности химического осаждения наноструктур палладия из жидкой среды. В качестве целевой подложки используется монокристаллический кремний. Для получения большей однородности наноструктур рассматривается вариант модификации поверхности кремния аминосиланами. Структура и топография полученной поверхности визуализируется и изучается методами атомно-силовой микроскопии. Элементный состав подтверждается методом рентгенофлуоресцентного микроанализа. В результате удается получить массив плотно расположенных частиц палладия с малым разбросом по размерам (90-150 нм) и одинаковой формой.*

**Ключевые слова:** палладий, наносистемы, химическое осаждение, кремний.

**Nizameev I.R.[1], Kadirov M.K.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-5420-6181, PhD in Chemistry,

[2]ORCID: 0000-0003-3204-8431, PhD in Chemistry,

A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry of Kazan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Kazan National Research Technological University

*The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 16-33-00145 mol_a*

## ASSOCIATES OF NANO-DIMENSIONAL PALLADIUM ON THE SURFACE OF SILICON

***Abstract***

*The following paper studies the features of the chemical deposition of palladium nanostructures in liquid medium. Monocrystalline silicon is used as the target substrate. To obtain a greater homogeneity of the nanostructures, the modification of the silicon surface by aminosilanes is considered. The structure and topography of the resulting surface is visualized and studied by the methods of atomic force microscopy. The elemental composition is confirmed by X-ray fluorescent microanalysis. As a result, it is possible to obtain an array of densely located palladium particles with a small spread in size (90-150 nm) and the same shape.*

**Keywords:** palladium, nanosystems, chemical precipitation, silicon.

Палладий играет ключевую роль во многих технологиях и во многих отраслях промышленности, особенно в тех, которые связаны с низкотемпературным восстановлением автомобильных выбросов и с формированием С-С связей в ряде важнейших органических реакций, таких как реакция Сузуки и Хэка [1]. Палладий также является важным компонентом в приложениях, связанных с хранением водорода и газо-детектированием. Кроме того, наночастицы палладия демонстрируют высокую каталитическую активность в реакциях электроокисления этанола в щелочных средах [2] и могут использоваться в качестве специальной подложки с улучшенным спектром комбинационного рассеяния.

Катализируемая палладием реакция сочетания стала универсальной, удобной, избирательной. Гибкий протокол, обычно, может быть адаптирован в любой синтетической схеме для молекул-мишеней с различной степенью структурной сложности. В то время как установленные катализаторы предлагают преимущества рециклинга, наночастицы палладия демонстрируют впечатляющую способность катализировать реакции сочетания. Наряду с успешным применением в органическом синтезе, возникают споры о природе катализа наночастицами палладия: гетерогенный или гомогенный.

Традиционные гетерогенные катализаторы представляют собой мелкодисперсные металлические порошки на оксиде или подобной, не участвующей в исследовании матрице, или некомплексные, которые имеют очевидные преимущества отделения от смеси реагент-продукт и, следовательно, обладают потенциалом переработки. Кристалличность металла определяет количество каталитически активных атомов на единицу площади поверхности,

которая, в свою очередь, определяет каталитическую активность [3]. Часто эти активные центры также являются участками нежелательных реакций (с кислотами или окислителями), вредными для каталитической эффективности.

Наночастицы предлагают миниатюризированный вариант металлических частиц. Так как отношение площади поверхности к объему высоко для наноразмерных атомных кластеров, они были широко изучены на предмет улучшения каталитических свойств. Десятилетия исследований показали, что многие из таких наночастиц действительно отличные катализаторы для полезных органических превращений. Однако фактический характер их участия в катализе не был однозначно установлен, хотя существует большое количество литературы и несколько опубликованных обзоров [4].

Наночастицы палладия с различными размерами можно довольно легко получить [5]. Наиболее распространенный диапазон диаметра наночастиц, используемых в органическом синтезе – 6-12 нм [6]. Имеется несколько сообщений об использовании частиц с меньшими размерами, например 1-4 нм [7]. Удобство, каталитическая эффективность и рециклирующая способность наночастиц палладия - это хорошо зарекомендовавшие себя полезные свойства, очевидные из опубликованных экспериментальных данных. Однако вопрос, происходит ли катализ на поверхности наночастиц или в их объеме, остается открытым. Некоторые научные коллективы считают, что наноразмерный палладий фактически служит резервуаром для меньших кластеров или атомного палладия, которые являются каталитически активными и, вероятно, действуют в области гомогенного каталитического цикла. Большое количество палладиевых комплексов с лигандами различной конструкции, включая циклометаллические комплексы, дают рост наночастиц палладия при повышенных температурах. Вопросы были подняты во многих таких случаях об относительной важности ожидаемого гомогенного пути к катализу через опосредуемый наночастицами путь. Доказательства, представленные в литературе, широко варьируются, и в, большинстве случаев, состоятельны, поэтому этот вопрос продолжает обсуждаться.

Таким образом, развитие новых подходов в синтезе наночастиц палладия с хорошо контролируемыми размерами и формой важны для большого количества современных приложений. В рамках данной работы интерес представляют нанокатализаторы палладия, плотно расположенные на поверхности кремниевой пластины.

В качестве основы использовался метод химического осаждения из жидкости (воды). Металлические наноструктуры на твердой поверхности синтезировались следующим образом: капля водного раствора 0.1 mM $PdCl_2$ (хлорид палладия) наносилась на чистую поверхность подложки кремния (Рис. 1) и выдерживалась в течение 30 минут при комнатной температуре. Затем вводился гидразингидрат ($N_2H_4 \cdot H_2O$) с десятикратным избытком для достижения полного восстановления металла. После испарения растворителя поверхность подложки промывалась этанолом и деионизованной водой для удаления слоя побочных продуктов реакции. Затем подложка со слоем частиц металла подвергалась сушке при температуре 80°C. Чистота поверхности кремния, а также ее ровность контролировалась атомно-силовой микроскопией. Микроскопические исследования проводились на сканирующем зондовом микроскопе MultiMode V (Veeco) в режиме атомно-силовой микроскопии (АСМ). В экспериментах использовались кантилеверы RTESP (Veeco) с силиконовыми зондами. Изображения регистрировались с разрешением 512x512 точек на кадр при скорости сканирования 1 Гц. Искажения АСМ изображения, связанные с так называемым эффектом свертки с зондом, учтены и минимизированы постобработкой экспериментальных данных с использованием соответствующего программного обеспечения (WSxM 5.0, Zod 2.0 и MatLAB). Суть метода минимизации эффекта свертки с зондом описана в работах [8-9]. Калибровка по латеральным и вертикальным размерам производилась путем сканирования калибровочной решетки STR3-1800P, VLSI Standards Inc.

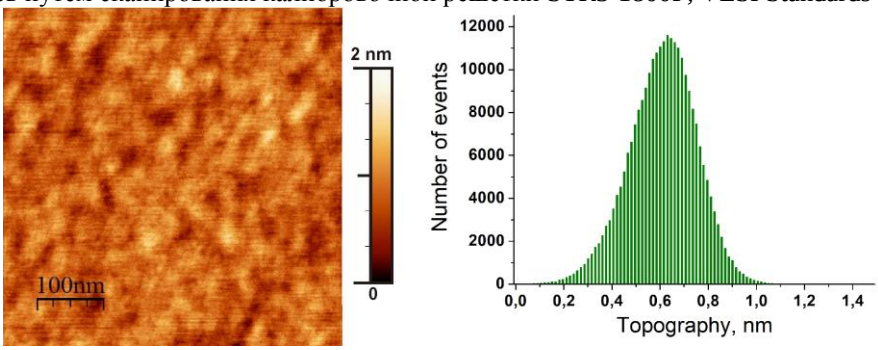



Рис. 1 – АСМ изображение поверхности кремниевой подложки и топографическая гистограмма

Результаты синтеза металлических агрегатов палладия представлены на Рис. 2. На АСМ изображении видны образования различной формы с большим разбросом по размерам. Размеры агрегатов колеблются в пределах 100-500 нм.

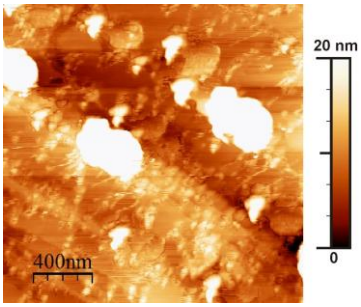



Рис. 2 – АСМ изображение агрегатов палладия на поверхности чистого кремния

Простой способ непосредственного осаждения химическим восстановлением без дополнительных вспомогательных агентов не дает желаемого результата. В роли дополнительных вспомогательных агентов были рассмотрены: поверхностно-активное вещество ЦТАБ (коммерчески доступное соединение) и поверхностный модификатор – 3-аминопропил триметоксисилан (аминосилан). Первый вариант был реализован добавлением в водный раствор ЦТАБ (C = 1 mM). При данной концентрации для ЦТАБ достигается критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) [10], что способствует образованию сферических частиц палладия. Результат такого синтеза представлен на Рис. 3А. В данном случае разброс частиц по размерам значительно меньше (90-210 нм), а форма у всех частиц практически одинаковая. Второй вариант реализуется несколько сложнее, но результат еще лучше (Рис. 3В). Для этого случая, в первую очередь, производится модификация поверхности самой кремниевой подложки. Кремниевая подложка со слоем диоксида кремния ($SiO_2$) на поверхности погружалась вертикально в раствор 3-аминопропил триметоксисилана в метаноле и выдерживалась при комнатной температуре. После этого подложка подвергалась сушке в азотной атмосфере. На модифицированную таким образом поверхность кремния осаждался палладий из водного раствора хлорида палладия. В результате удается получить массив плотно расположенных частиц палладия с малым разбросом по размерам (90-150 нм) и одинаковой формой.

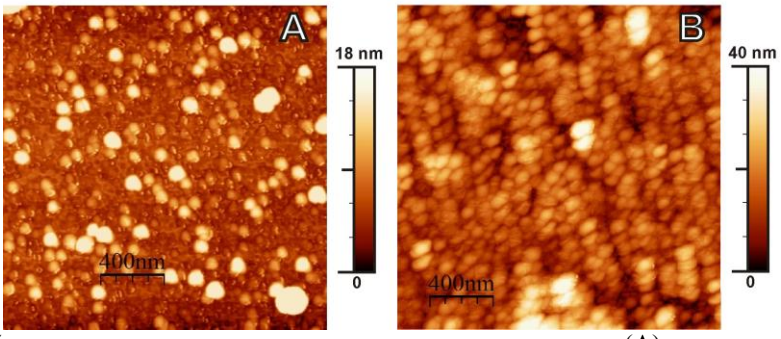



Рис. 3 – АСМ изображение агрегатов палладия на поверхности кремния: (А) получены с использованием поверхностно-активного вещества; (В) получены модификацией поверхности кремния

Химический состав наночастиц подтверждается рентгенофлуоресцентным микроанализом, который проводился на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Carl Zeiss EVO LS10. Спектр для кремниевой подложки с частицами палладия представлен на Рис. 4А. На спектре видны пики, соответствующие кремнию, палладию и углероду. Для сравнения приводится спектр чистой подложки Рис. 4В, на котором отсутствуют линии палладия.

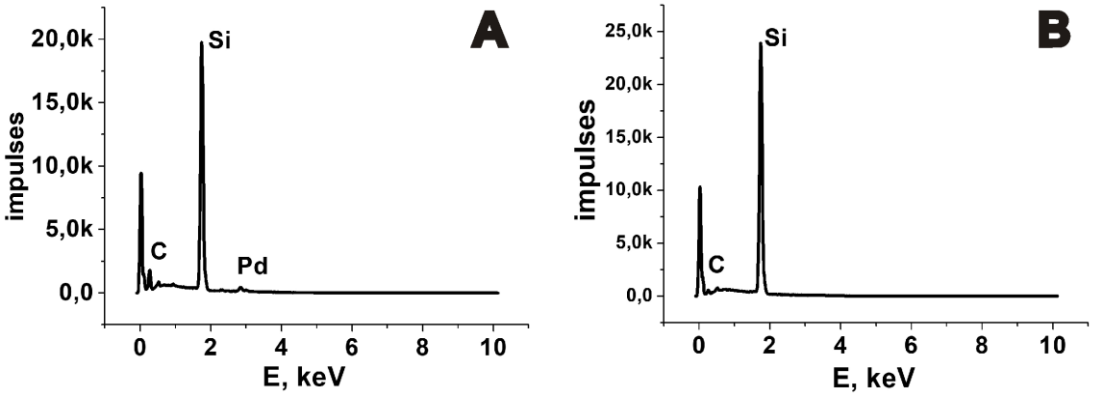



Рис. 4 – Спектр рентгенофлуоресцентного микроанализа палладия на поверхности кремния (А) и чистой кремниевой подложки (В)

Итак, в рамках данной работы получены агрегаты палладия на поверхности кремния тремя способами, построенными на химическом осаждении из жидкости. Структура и морфология полученного материала исследована методом прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии. Элементный состав подтвержден методом рентгенофлуоресцентного анализа с помощью энергодисперсионной приставки СЭМ.

**Список литературы / References**

1. Moreno-Manas, M. Formation of carbon-carbon bonds under catalysis by transition-metal nanoparticles / M. Moreno-Manas, R. Pleixats // Acc. Chem. Res. 2003. – V.36. – P.638-643.

2. Bianchini, C. Palladium-based electrocatalysts for alcohol oxidation in half cells and in direct alcohol fuel cells / C. Bianchini, P.K. Shen // Chem. Rev. 2009. – V.109. – P.4183-4206.

3. Yin, L. Carbon−carbon coupling reactions catalyzed by heterogeneous palladium catalysts / L. Yin, J. Liebscher // Chem. Rev. – 2007. – V.107. – P.133-173.

4. Balanta, A. Pd nanoparticles for C–C coupling reactions / A. Balanta, C. Godard, C. Claver // Chem. Soc. Rev. – 2011. – V.40. – P.4973-4985.

5. Pachón, L.D. Transition-metal nanoparticles: synthesis, stability and the leaching issue / L.D. Pachón, G. Rothenberg // Appl. Organometal. Chem. – 2008. – V.22. – P.288-299.

6. Sawoo, S. Size controlled synthesis of Pd nanoparticles in water and their catalytic application in C–C coupling reactions / S. Sawoo, D. Srimani, P. Dutta, R. Lahiri, A. Sarkar // Tetrahedron. – 2009. – V.65. – P.4367-4374.

7. Wada, K. Preparation and the catalytic activity of novel Pd nanocluster catalysts utilizing an oligosilsesquioxane ligand / K. Wada, K. Yano, T. Kondo, T. Mitsudo // Catal. Lett. – 2006. – V.112. – P.63-67.

8. Kadirov, M.K. Platinum nanoscale lattice on a graphite surface using cetyltrimethylammonium bromide hemi- and precylindrical micelle templates / M.K. Kadirov, I.R. Nizameev, L.Ya. Zakharova // J. Phys. Chem. C. – 2012. – Vol. 116. – P.11326−11335.

9. Kadirov, M.K. Adsorption and premicellar aggregation of CTAB molecules and fabrication of nanosized platinum lattice on the glass surface / M.K. Kadirov, A.I. Litvinov, I.R. Nizameev, L.Y. Zakharova // J. Phys. Chem. C. – 2014. – V.118. – P.19785-19794.

10. Manne, S. Direct Visualization of Surfactant Hemimicelles by Force Microscopy of the Electrical Double Layer / S. Manne, J.P. Cleveland, H.E. Gaub, G.D. Stucky, P.K. Hansma // Langmuir – 1994. V.10. – P.4409–4413.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.039**

**Родикова Ю.А.[1], Жижина Е.Г.[2], Пай З.П.[3]**

[1]ORCID: 0000-0002-8912-8507, кандидат химических наук,
[2]ORCID: 0000-0001-6419-7568, доктор химических наук,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, доктор технических наук,
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИК СО РАН (проект № 0303-2016-0008)*

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ДИМЕТИЛФЕНОЛОВ В ПРИСУТСТВИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ P-Mo-V ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТ (ГПК) И ИХ КИСЛЫХ СОЛЕЙ

***Аннотация***

*В двухстадийных каталитических процессах окисления органических субстратов в присутствии растворов P-Mo-V гетерополикислот (ГПК) важное значение имеет обеспечение высокой скорости и селективности окисления субстрата при одновременном достижении высокой скорости регенерации катализатора. Для этих целей перспективно оценить возможность использования растворов кислых солей ГПК, обладающих по сравнению с растворами исходных ГПК пониженной кислотностью, при которой ускоряется регенерация раствора. Ряд кислых солей P-Mo-V ГПК структуры Кеггина был исследован в реакциях окисления 2,3- и 2,6-димелилфенолов для определения влияния степени замещения ГПК на селективность процессов.*

**Ключевые слова**: катализ, кислоты, окисление, бензохиноны, кислород, окислительно-восстановительный потенциал.

**Rodikova Yu.A.[1], Zhizhina E.G.[2], Pai Z.P.[3]**

[1]ORCID: 0000-0002-8912-8507, PhD in Chemistry,
[2]ORCID: 0000-0001-6419-7568, PhD in Chemistry,
[3]ORCID: 0000-0002-4622-5323, PhD in Engineering,
Boreskov Institute of Catalysis of SB RAS

*The study was conducted in the framework of state task of the FSBIN of the SB RAS (project No. 0303-2016-0008)*

## TRANSFORMATION OF DIMETHYLPHENOLS IN THE PRESENCE OF AQUATIC P-MO-V SOLUTIONS OF HETEROPOLYACIDS (HPA) AND THEIR ACID SALTS

***Abstract***

*High speed and selectivity of substrate oxidation plays an important role in two-stage catalytic processes of oxidation of organic substrates in the presence of solutions of P-Mo-V heteropolyacids (HPA) achieving a high rate of catalyst regeneration. For these purposes, it is promising to estimate the possibility of using solutions of acidic salts of HPA that have a reduced acidity in comparison with the solutions of the initial HPA when the regeneration of the solution is accelerated. A series of acid salts of the P-Mo-V HPA of the Keggin structure was studied in the oxidation reactions of 2,3- and 2,6-dimethylylphenols to determine the effect of the HPA degree of substitution on the selectivity of the processes.*

**Keywords**: catalysis, acids, oxidation, benzoquinones, oxygen, reductive-oxidative potential.

Разработка безотходных методов синтеза замещенных бензохинонов (БХ) получила в последние годы повышенное внимание исследователей благодаря их широкому применению в качестве компонентов биосенсоров и биотопливных элементов, а также предшественников для синтеза лекарств и физиологически активных веществ. В настоящее время есть много методов получения БХ через окисление соответствующих фенолов с использованием различных катализаторов и окислителей. Однако главные проблемы этих методов – быстрая дезактивация катализаторов, длительность реакций, а также образование значительных количеств побочных продуктов [1].

Сегодня каталитические процессы на основе гетерополисоединений (ГПС) представляют собой обширную и быстро развивающуюся область исследований. Среди ГПС, применяемых в окислительном и (или) кислотном катализе, молибдованадофосфаты – смешанные Mo-V-P гетерополикислоты и их соли (P-Mo-V ГПК) структуры Кеггина – зарекомендовали себя в качестве перспективных окислительных катализаторов [2],[3]. За последние годы интерес к таким ГПС значительно возрос благодаря накоплению обширной информации об их свойствах, особенно благодаря свойству обратимой окисляемости, которое обеспечивается введением в исходный Mo(VI)-O каркас атомов ванадия(V), способных претерпевать обратимые превращения V(V)↔V(IV) [4], [5]. Это дает возможность проводить регенерацию восстановленных в ходе реакции растворов ГПК молекулярным кислородом, что открывает широкие перспективы использования таких *обратимо действующих* окислителей в качестве катализаторов окисления различных органических субстратов.

Важной особенностью ГПС как класса соединений в целом является возможность изменять их свойства в достаточно широких пределах путем изменения состава. Интерес к использованию растворов кислых солей P-Mo-V ГПС обусловлен тем, что введение катионов металлов в растворы ГПК приводит к снижению кислотности растворов, а это позволяет ускорить их регенерацию [6]. Кроме того, такая модификация раствора может существенно повысить его термостойкость, которая в значительной мере определяет сегодня технологичность катализаторов на основе растворов ГПК и их солей. Именно стадия регенерации ГПК является ключевой в 2-х стадийных процессах окисления на их основе, поскольку недостаточная термостойкость не позволяет быстро регенерировать раствор при температурах выше 160 °С. Исследований окислительных реакций в присутствии растворов кислых солей ГПК в литературе очень мало, поэтому наша работа хотя бы отчасти восполнит этот пробел.

На сегодняшний день многолетний опыт работы с данными катализаторами позволил разработать ряд эффективных процессов на их основе, среди которых реакции окисления этилена и СО в присутствии двухкомпонентной каталитической системы Pd(II) + P-Mo-V ГПК, получение витаминов группы К и предшественника витамина Е путем окисления алкилфенолов бензольного и нафталинового рядов кислородом, а также синтез антрахинона и его производных из гидрохинона и замещенных 1,3-бутадиенов [7].

Продолжая исследования в направлении разработки каталитических методов получения востребованных соединений в присутствии растворов ГПК и их солей, мы расширили круг потенциальных субстратов. Замещенные соли брутто-составов $M_pH_{(3+x)-p}PMo_{12-x}V_xO_{40}$ [8] и $M_pH_{a-p}P_zMo_yV_xO_b$ [9] (M: $Na^+$, $Co^{2+}$, $Mn^{2+}$) были исследованы в качестве катализаторов в реакциях окисления 2,3- и 2,6-диметилфенолов (2,3-$Me_2$Ф и 2,6-$Me_2$Ф) в соответствующие *пара*-бензохиноны (2,3-$Me_2$БХ и 2,6-$Me_2$БХ) в двухфазных водно-органических средах. Окисление проводили при атмосферном давлении в стеклянном реакторе с рубашкой на 50 мл, снабженном обратным холодильником для предотвращения потерь растворителя. Полноту протекания реакций контролировали методом ГЖХ (газожидкостная хроматография). Органическую фазу от водной фазы отделяли в делительной воронке, следы продуктов из водной фазы экстрагировали хлороформом до получения бесцветного экстракта. Органическую фазу промывали водой для удаления следов катализатора. Продукты были подтверждены сравнением времени их удерживания на ГЖХ хроматограммах, образцов ГХ-МС и (или) инфракрасных спектров с результатами аутентичных образцов. Раствор катализатора регенерировали в автоклаве при 140-170 °С и $P_{O_2}$ = 4 ± 0.05 атм в течение 30-40 минут [10]. Полученные результаты в сопоставлении с найденными ранее в работе [11] значениями селективностей (*S*) образования целевых БХ в присутствии незамещенных кислот представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние природы внешнесферного катиона в молекуле ГПК на селективность образования 2,3-$Me_2$БХ*

| Катализатор | $V_{кат}$, мл | $E_0$, В | *S* хинона, % | *t*, мин |
|---|---|---|---|---|
| 0.40 М $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$ | 17.7 | 1.074 | 43.5** | 50 |
| 0.40 М $Co_{0.6}H_{3.8}PMo_{10}V_2O_{40}$ | 17.7 | 1.058 | 41.1*** | 50 |
| 0.20 М $H_7PMo_8V_4O_{40}$ | 17.7 | 1.033 | 56.5 | 45 |
| 0.20 М $Na_2H_5PMo_8V_4O_{40}$ | 17.7 | 0.969 | 51.6**** | 50 |
| 0.25 М $H_{13}P_3Mo_{15}V_6O_{74}$ | 9.5 | 1.084 | 72.1 | 36 |
| 0.25 М $NaH_{12}P_3Mo_{15}V_6O_{74}$ | 9.5 | 1.065 | 69.3 | 37 |
| 0.25 М $H_{10}P_3Mo_{18}V_7O_{84}$ | 8.2 | 1.097 | 78.3 | 35 |
| 0.25 М $Mn_2H_6P_3Mo_{18}V_7O_{82}$ | 8.2 | 0.998 | 73.2 | 38 |

*Примечание:* * *– реакционные условия: водный раствор ГПК, мольное отношение* $[n_{V^V}]/[Su]$ = 17, $n_{V^V}$ = 0.0136 *моль, бензол (ОР),* $V_{OP} = 0.75 \cdot V_{кат}$, *50 °С, атм.* $N_2$. *Навеску 2,3-*$Me_2$*Ф массой 0.099 г (8.02·*$10^{-4}$ *моль) растворяли в ОР и сразу вводили в раствор катализатора. Конверсия* 2,3-$Me_2$Ф *100%;* ** *– конверсия* 2,3-$Me_2$Ф *92.3%;* *** *– конверсия* 2,3-$Me_2$Ф *92.0%;* **** *– конверсия* 2,3-$Me_2$Ф *98.6%.*

Таблица 2 – Влияние природы внешнесферного катиона в молекуле ГПК на селективность образования 2,6-$Me_2$БХ*

| Катализатор | $V_{кат}$, мл | $E_0$, В | *S* хинона, % | *t*, мин |
|---|---|---|---|---|
| 0.40 М $H_5PMo_{10}V_2O_{40}$ | 18.7 | 1.074 | 44.3** | 55 |
| 0.40 $Co_{0.6}H_{3.8}PMo_{10}V_2O_{40}$ | 18.7 | 1.058 | 40.4*** | 55 |
| 0.20 М $H_7PMo_8V_4O_{40}$ | 18.7 | 1.033 | 53.7 | 50 |
| 0.20 М $Na_2H_5PMo_8V_4O_{40}$ | 18.7 | 0.969 | 48.7**** | 55 |
| 0.25 М $H_{13}P_3Mo_{15}V_6O_{74}$ | 10.1 | 1.084 | 68.3 | 43 |
| 0.25 М $NaH_{12}P_3Mo_{15}V_6O_{74}$ | 10.1 | 1.065 | 64.5 | 44 |
| 0.25 М $H_{10}P_3Mo_{18}V_7O_{84}$ | 8.7 | 1.097 | 72.8 | 38 |
| 0.25 М $Mn_2H_6P_3Mo_{18}V_7O_{82}$ | 8.7 | 0.998 | 65.9 | 41 |

*Примечание:* * *– реакционные условия: водный раствор ГПК, мольное отношение* $[n_{V^V}]/[Su]$ = 18, $n_{V^V}$ = 0.0144 *моль, трихлорэтилен (ОР),* $V_{OP} = 0.75 \cdot V_{кат}$, *70 °С, атм.* $N_2$. *Навеску 2,6-*$Me_2$*Ф массой 0.099 г (8.02·*$10^{-4}$ *моль) растворяли в ОР и сразу вводили в раствор катализатора. Конверсия* 2,6-$Me_2$Ф *100%;* ** *– конверсия* 2,6-$Me_2$Ф *89.3%;* *** *– конверсия* 2,6-$Me_2$Ф *88.9%;* **** *– конверсия* 2,6-$Me_2$Ф *99.2%.*

Согласно полученным данным, селективность образования целевых БХ в присутствии кислых солей состава $Na_2H_5PMo_8V_4O_{40}$ ($Na_2$ГПК-4) и $Mn_2H_6P_3Mo_{18}V_7O_{82}$ ($Mn_2$ГПК-7) заметно (на 5-7%) ниже значений *S*, полученных с использованием соответствующих кислот. Кислые соли $Co_{0.6}H_{3.8}PMo_{10}V_2O_{40}$ ($Co_{0.6}$ГПК-2) и $NaH_{12}P_3Mo_{15}V_6O_{74}$

(NaГПК-6) оказались более эффективными и показали меньшее снижение *S* (на 2-4%) по сравнению со свободными кислотами. Наблюдаемую разницу в снижении *S* образования хинонов при переходе от кислот к соответствующим солям можно объяснить бóльшим снижением окислительного потенциала растворов солей $Na_2$ГПК-4 и $Mn_2$ГПК-7 относительно их незамещенных кислот по сравнению с растворами солей $Co_{0.6}$ГПК-2 и NaГПК-6, что объясняется меньшей степенью нейтрализации последних растворов. Существенное снижение потенциала раствора кислой соли ГПК происходит от того, что в уравнении Нернста, описывающем зависимость *E* от степени восстановления раствора ГПК, есть член, который зависит от кислотности раствора, т. е. от его pH.

Итак, главной окисляющей частицей в растворах P-Mo-V ГПС являются оксокатионы $VO_2^+$, которые при восстановлении принимают 1 электрон и 2 протона. Уравнение Нернста для окислительных потенциалов растворов таких ГПС выражается уравнением, аналогичным уравнению для окислительно-восстановительного потенциала системы $VO_2^+/VO^{2+}$:

$$E_V = E_V^o + \frac{RT}{F}\ln\frac{[VO_2^+]\cdot[H^+]^2}{[VO^{2+}]}$$

Это уравнение легко преобразуется в уравнение, из которого видно, что снижение кислотности раствора (что наблюдается в случае кислых солей ГПК) ведет к снижению редокс-потенциала раствора ГПС:

$$E_V = E_V^o - 0{,}1182\,pH + 0{,}0591\lg\frac{[VO_2^+]}{[VO^{2+}]}$$

Недостаточное значение *E* раствора ГПС в ходе целевого процесса чаще всего приводит к снижению *S* по целевому продукту за счет роста скоростей побочных реакций конденсации промежуточных радикальных частиц.

Таким образом, в работе показано, что использование низкозамещенных солей ГПК в независимости от внешнесферного катиона приводит к снижению *S* образования целевых хинонов при одних и тех же значениях степеней восстановления растворов солей и ГПК. Это свидетельствует о предпочтительном использовании незамещенных кислот в качестве катализаторов окисления диметилфенолов.

**Список литературы / References**

1. Rodikova Yu. A. Alkyl-1,4-benzoquinones – from synthesis to application / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // ChemistrySelect. – 2016. – Vol. 1(10). – P. 2113–2128. doi: 10.1002/slct.201600148

2. Rodikova Yu. A. Trimethyl-1,4-benzoquinone synthesis via 2,3,6-trimethylphenol catalytic oxidation by oxygen in the presence of non-Keggin-type Mo-V-phosphoric heteropoly acid solutions / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina // J. Chem. Chem. Eng. – 2013. – Vol. 7(9). – P. 808–820.

3. Gogin L. L. A new method for producing substituted anthraquinones via diene synthesis in the presence of Mo-V-P heteropoly acid solution: Catalyst regeneration / L. L. Gogin, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // Catalysis in Industry. – 2016. – Vol. 8(4). – P. 310–315. doi:10.1134/S2070050416040048

4. Матвеев К. И. Новые гомогенные катализаторы на основе гетерополикислот / К. И. Матвеев, И. В. Кожевников // Кинетика и катализ. – 1980. – Т. 21(5). – С. 1189–1198.

5. Кожевников И. В. Гетерополикислоты в катализе / И. В. Кожевников, К. И. Матвеев // Успехи химии. – 1982. – Т. 51(11). – С. 1875–1896.

6. Жижина Е. Г. Регенерация катализаторов на основе водных растворов Mo-V-фосфорных гетерополикислот под давлением $O_2$ / Е. Г. Жижина, М. В. Симонова, В. Ф. Одяков, К. И., Матвеев // Химия в интересах устойчивого развития. – 2004. – Т. 12(6). – С. 683–688.

7. Жижина Е. Г. Каталитическое жидкофазное окисление органических субстратов в присутствии молибдованадофосфорных гетерополикислот : дисс. ... канд. хим. наук : 02.00.15 : защищена 05.04.06 / Жижина Елена Георгиевна. – Новосибирск: ИК СО РАН, 2006. – 322 с.

8. Odyakov V. F. New process for preparing aqueous solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids / V. F. Odyakov, E. G. Zhizhina // Russ. J. Inorg. Chem. – 2009. – Vol. 54(3). – P. 361–367. doi: 10.1134/S003602360903005X

9. Odyakov V. F. Synthesis of molybdovanadophosphoric heteropoly acid solutions having modified composition / V. F. Odyakov, E. G. Zhizhina, R. I. Maksimovskaya // Appl. Catal. A. – 2008. – Vol. 342(1-2). – P. 126–130. doi: 10.1016/j.apcata.2008.03.008

10. Zhizhina E. G. Kinetics of the oxidation of reduced Mo-V-phosphoric heteropoly acid species with dioxygen in concentrated aqueous solutions / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov, M. V. Simonova, K. I. Matveev // React. Kinet. Catal. Lett. – 2003. – Vol. 78(2). – P. 373–379. doi: 10.1023/A:1022602431345

11. Rodikova Yu.A. Catalytic way of transforming 2,3-dimethylphenol to *para*-quinone with the use of vanadium-containing heteropoly acids / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // Appl. Catal. A. – 2018. – Vol. 549. – P. 216–224. doi: 10.1016/j.apcata.2017.09.022

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Rodikova Yu. A. Alkyl-1,4-benzoquinones – from synthesis to application / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // ChemistrySelect. – 2016. – Vol. 1(10). – P. 2113–2128. doi: 10.1002/slct.201600148.

2. Rodikova Yu. A. Trimethyl-1,4-benzoquinone synthesis via 2,3,6-trimethylphenol catalytic oxidation by oxygen in the presence of non-Keggin-type Mo-V-phosphoric heteropoly acid solutions / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina // J. Chem. Chem. Eng. – 2013. – Vol. 7(9). – P. 808–820.

3. Gogin L. L. A new method for producing substituted anthraquinones via diene synthesis in the presence of Mo-V-P heteropoly acid solution: Catalyst regeneration / L. L. Gogin, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // Catalysis in Industry. – 2016. – Vol. 8(4). – P. 310–315. doi:10.1134/S2070050416040048

4. Matveev K. I. Novye gomogennye katalizatory na osnove geteropolikislot [New homogeneous catalysts based on

heteropoly acids] / K. I. Matveev, I. V. Kozhevnikov // Kinetika i kataliz [Kinet. Catal.]. – 1980. – T. 21(5). – C. 1189–1198. [in Russian]

5. Kozhevnikov I. V. Geteropolikisloty v katalize [Heteropoly acids in catalysis] / I. V. Kozhevnikov, K. I. Matveev // Uspehi himii [Russ. Chem. Rev.]. – 1982. – Vol. 51(11). – P. 1875–1896. [in Russian]

6. Zhizhina E. G. Regeneracija katalizatorov na osnove vodnyh rastvorov Mo-V-fosfornyh geteropolikislot pod davleniem $O_2$ [Regeneration of catalysts based on aqueous solutions of Mo-V-phosphoric heteropolyacids under $O_2$ pressure] / E. G. Zhizhina, M. V. Simonova, V. F. Odyakov, K. I. Matveev // Himija v interesah ustojchivogo razvitija [Chem. Sust. Dev.]. – 2004. – T. 12(6). – C. 683–688.

7. Zhizhina E. G. Kataliticheskoe zhidkofaznoe okislenie organicheskih substratov v prisutstvii molibdovanadofosfornyh geteropolikislot [Catalytic liquid-phase oxidation of organic substrates in the presence of molybdovanadophosphoric heteropoly acids] : dis. ... of PhD in Chemistry : 02.00.15 : defense of the thesis 05.04.06 / Zhizhina Elena Georgievna. – Novosibirsk: BIC, 2006. – 322 p. [in Russian]

8. Odyakov V. F. New process for preparing aqueous solutions of Mo-V-phosphoric heteropoly acids / V. F. Odyakov, E. G. Zhizhina // Russ. J. Inorg. Chem. – 2009. – Vol. 54(3). – P. 361–367. doi: 10.1134/S003602360903005X

9. Odyakov V. F. Synthesis of molybdovanadophosphoric heteropoly acid solutions having modified composition / V. F. Odyakov, E. G. Zhizhina, R. I. Maksimovskaya // Appl. Catal. A. – 2008. – Vol. 342(1-2). – P. 126–130. doi: 10.1016/j.apcata.2008.03.008

10. Zhizhina E. G. Kinetics of the oxidation of reduced Mo-V-phosphoric heteropoly acid species with dioxygen in concentrated aqueous solutions / E. G. Zhizhina, V. F. Odyakov, M. V. Simonova, K. I. Matveev // React. Kinet. Catal. Lett. – 2003. – Vol. 78(2). – P. 373–379. doi: 10.1023/A:1022602431345

11. Rodikova Yu.A. Catalytic way of transforming 2,3-dimethylphenol to *para*-quinone with the use of vanadium-containing heteropoly acids / Yu. A. Rodikova, E. G. Zhizhina, Z. P. Pai // Appl. Catal. A. – 2018. – Vol. 549. – P. 216–224. doi: 10.1016/j.apcata.2017.09.022

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ / ECONOMICS**

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.028**

**Аношкин И.О.**
ORCID: 0000-0001-6595-0451, студент магистратуры,
Российский университет дружбы народов, институт мировой экономики и бизнеса в г. Москва.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ ЦЕНТРОВ В РОССИИ

***Аннотация***

*Для формирования в России международных финансовых центров, которые будут наиболее привлекательны для инвестирования средств, необходим грамотный подход в исследованиях преимуществ и проблем развития финансового рынка, его финансовых центров. В данной статье рассматриваются основные преимущества создания и развития международных финансовых центров, а также проблемы, препятствующие их успешному функционированию. Установлено, что формирование финансового центра в г. Москве является необходимым условием для успешного экономического развития страны.*

**Ключевые слова:** глобализация, финансовый рынок, капитал, инвестиции, международный финансовый центр, финансовый центр г.Москва.

**Anoshkin I.O.**
ORCID: 0000-0001-6595-0451, master's degree student,
RUDN University of Russia, Institute of World Economy and Business in Moscow.

# MODERN ADVANTAGES AND DEVELOPMENT PROBLEMS OF INTERNATIONAL FINANCIAL CENTERS IN RUSSIA

***Abstract***

*A competent approach in research of the advantages and problems of developing the financial market and its financial centers is necessary to form international financial centers that are the most attractive for investing funds in Russia. This paper examines the main advantages of creating and developing international financial centers, as well as problems that prevent their successful functioning. It is established that the formation of a financial center in Moscow is a prerequisite for the country's successful economic development.*

**Keywords:** globalization, financial market, capital, investments, international financial center, financial center of Moscow.

Большое количество зарубежных стран мира проявляют повышенный интерес к организации международных финансовых центров (МФЦ) в своих столицах. Из мировой практики также нужно отметить то, что международные финансовые центры способствуют кругообороту капитала, стимулированию инновационных возможностей и климата. Для формирования и развития данных центров привлекаются различные финансовые институты и организации, инвестиционные фонды и частные инвесторы других стран и континентов. Посредством международных финансовых центров опосредуется движение международных финансовых потоков. МФЦ являются по своей сути международными рыночными механизмами, объединяя банки и прочие кредитно-финансовые организации для осуществления кредитных и финансовых операций как внутри стран, так и между несколькими странами.

Формирование и развитие МФЦ в России представляет собой проект постоянного развития, в рамках которого вовлекаются как агенты деловых сообществ, государственных органов власти, так и различных кругов российского

общества. Целью развития МФЦ в России является стратегия модернизирования финансовых рынков, которая включает как само регулирование данных рынков, так и различные сферы социально – экономического пространства (наука, здравоохранение, культура и т.п.)

Потребность в организации и дальнейшем развитии концепции МФЦ г. Москва была разработана в 2008 году в кризисных условиях финансовой глобализации, в условиях, когда в стране наблюдалась острая необходимость изменения российской экономики. Одним из условий этих изменений могло стать развитие конкурентоспособности финансового рынка и его профессиональных участников. Поэтому непосредственной стратегической целью МФЦ г.Москва стало создание конкурентного финансового рынка на базе высокотехнологичных финансовых инструментов [9, С. 411].

На протяжении 2008 – 2017 гг было разработано много законодательных мер, касающихся развития МФЦ (положения, стратегия, дорожная карта), но, тем не менее, несмотря на все это в Рейтинге глобальных финансовых центров, которая проводилась британской консалтинговой компанией Z/Yen Group (GFCI - индекс) Москва имеет достаточно низкие позиции (табл. 1). Из приведенных данных можно заметить снижение позиции в рейтинге за 2015 - 2017 года с 75-го до 85-го. Но данные показатели рейтинга могут вызвать сомнения из-за субъективизма проводимой оценки и высоких геополитических рисков.

Таблица 1 – Изменение показателей Москвы в рейтинге GFCI [3, С. 407]

| Показатели | GFCI 17 Март, 2015 | GFCI 18 Сентябрь, 2015 | GFCI 19 Март, 2016 | GFCI 20 Сентябрь, 2016 | GFCI 21 Март, 2017 |
|---|---|---|---|---|---|
| Место | 75 | 78 | 67 | 84 | 85 |
| Рейтинг | 579 | 598 | 611 | 586 | 566 |

По данным проведенного рейтинга глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, проведенного в сентябре 2017 года, Россия заняла уже 38-е место среди 137 стран, поднявшись с 33-го места. На первом месте рейтинга стоит Швейцария, затем идут США, Сингапур, Нидерланды, Германия. Вместе с тем необходимо отметить большое увеличение макроэкономических показателей, характеризующих финансово - экономическую ситуацию в России, прежде всего, снижение инфляции и рост сбережений.

К основным проблемам, препятствующими конкурентоспособности России, является коррупция, высокое налоговое бремя на реальный сектор экономики и неэффективная работа государственного аппарата управления.

Рассматривая Москву как международный финансовый центр необходимо отметить, что это может привести к росту инвестиций, расширению вероятности выхода на новые зарубежные фондовые рынки и, конечно же, активное включение в международную финансовую политику [6, С. 98]. Для этого необходимо более полно отразить соотношение преимуществ и проблем МФЦ Москвы, для разработки дальнейших возможных направлений развития. Итак, на наш взгляд, к основным преимуществам МФЦ г. Москва можно отнести следующие элементы (табл.2).

Таблица 2 – Основным преимуществам МФЦ г.Москва [4, С. 17]

| Преимущества | Характеристика |
|---|---|
| Для общества | - появление новых мест на рынке труда;<br>- рост квалификационных характеристик персонала;<br>- процессные изменения в сфере обучения, образования, наукоемких отраслях;<br>- обмен культурными ценностями в процессе привлечения большого количества зарубежных специалистов |
| Для экономической сферы | - оптимизация законодательной сферы по координации рынка валюты, финансов, ценных бумаг, денежно-кредитного рынка;<br>- совершенствование условий организации и ведения бизнеса;<br>- совершенствование комплекса обслуживающих объектов по регулированию финансового рынка;<br>- усиление показателей ликвидности и их рост в динамке;<br>- снижение налогового бремени для предприятий, занимающихся инвестиционной деятельностью |
| Для страны | - МФЦ в Москве может быть важным стимулом для развития региональных финансовых рынков,<br>- достаточно легкий подход российских компаний к зарубежным фондам, как следствие, увеличение иностранных вливаний |
| В международном масштабе | - как своеобразный фактор устойчивости мировой финансовой системы, обусловленный ростом количества таких площадок как предпосылка большой доступности информации о мировых финансовых рынках,<br>- свободный доступ к рынкам капитала стран - соседей для участников рынка ценных бумаг из стран - членов СНГ,<br>- оптимизация условий организации и реализации бизнеса на финансовых рынках стран-участниц Таможенного союза и Единого экономического пространства в следствии гармонизации регулирования финансовых рынков |
| Общие | - изменения институциональных составляющих российской экономики: рост удельного веса финансового сектора в ВВП,<br>- рост устойчивости финансовой системы,<br>- рост уровня международного доверия к российскому финансовому рынку,<br>- взаимовыгодные условия от интеграции России в мировую экономику |

Необходимо отметить, что с точки зрения финансовой структуры и качества финансового регулирования ситуация с МФЦ в Москве существенно улучшает социально – экономические процессы как внутри страны, так и в международном сотрудничестве. Тем неменее, действия в этом направлении могут не давать такого кумулятивного эффекта, каким бы он был, если бы экономика развивалась по-другому, и бизнес - климат последовательно улучшался. Но, несмотря на явные преимущества, имеются существенные риски, связанные с формированием и развитием в МФЦ в Москве (табл. 3).

Таблица 3 – Основные недостатки и проблемы МФЦ г.Москва [2, С. 20]

| Недостатки | Характеристика |
|---|---|
| Несвоевременный процесс принятия решений в отношении финансовых рынков в государственных органах | Согласование разных позиций происходит не в Думе, а в правительстве, что снижает его эффективность в реализации важных для МФЦ инициатив. Негласное право вето, которое имеют различные государственные ведомства в процессе согласования, не только замедляет процесс, но и приводит к принятию половинчатых мер. |
| Конфликт интересов у Банка России, который совмещает функции проведения кредитно-денежной политики и банковского надзора | Наличие конфликта интересов искажает стимулы Центрального Банка как в банковском регулировании, так и в развитии фондового рынка. |
| Создание финансового мегарегулятора может способствовать как развитию МФЦ, так и увеличению регулятивных рисков. | Принятие решений в рамках единого регулятора позволит избежать межведомственных конфликтов и согласований. Кроме того, участники финансового рынка сомневаются, что ЦБ будет уделять достаточное внимание развитию небанковских финансовых институтов. |
| Доминирование государственных банков | Наличие преференций для госбанков (например, помощь во время кризиса) снижает возможности для конкуренции и ставит дополнительный барьер для входа новых игроков в банковскую индустрию |

Кроме того, к основным рискам Москвы как международного финансового центра можно отнести:

а) достаточно высокая конкуренция на зарубежных финансовых рынках. Основные конкурентоспособные МФЦ для Москвы - Лондон, Варшава, Стамбул, в перспективе - китайские финансовые центры. Национальные фондовые биржи таких стран СНГ как Азербайджан, Армения, Киргизия, Узбекистан также уже имеют стратегические позиции в отношении иностранных бирж. Особый интерес к среднеазиатскому региону проявляется к Стамбульской фондовой бирже;

б) недостаточность капитала на российском фондовом рынке, которое обусловлено выбором как российскими, так и иностранными эмитентами несколько иных площадок для своих размещений. Такая недостаточность «длинных денег» связана, как результат, с малым объемом активов у российских институциональных инвесторов (ПИФы, НПФы, страховые компании);

в) достаточно высокие общеадминистративные препятствия для зарубежных эмитентов. Кроме того, выход на финансовый рынок российских депозитарных расписок для публичных компаний из соседних государств в известной степени невозможен, так как зарубежные биржи не входят в перечень Центрального Банка РФ;

г) отсталый инвестиционный и финансовый климат в России не способствуют появлению новых финансовых институтов и инвесторов из зарубежных стран в Россию;

д) недоступность некоторых зарубежных стран обусловлена желанием сохранения контрольных функций государства над банковской и финансовой системами, фондовыми биржами;

е) геополитические претензии зарубежных стран. В условиях нестабильности политических соображений экономические и финансовые факторы уходят на второй план, поэтому финансовая интеграция может быть несостоятельной.

Но все же, несмотря на все недостатки и проблемы развития МФЦ в Москве можно полагать, что Москва имеет все необходимое, чтобы к 2020 г. войти в десятку ведущих финансовых центров мира, а в ближайшие годы стать лидером на региональном финансовом рынке среди стран СНГ, Балтии и Восточной Европы. Однако создание МФЦ в российской столице – долгосрочный процесс, который осуществим только при стабильной поддержке Правительства РФ, бизнес-элиты в условиях благоприятной политической конъюнктуры как на международной арене, так и внутри страны.

**Список литературы / References**

1. Асланова Л. О. Место и роль мировых финансовых центров в развитии экономики в условиях финансовой глобализации / Л. О. Асланова, Т. О. Нафедзова. // Известия Чеченского государственного университета. – 2017. – № 1 (5). – С. 164–169.

2. Волков В. В. Роль современных международных финансовых центров в мировой экономике / В. В. Волков // Микроэкономика. – 2017. – № 4. – С. 18–22.

3. Головин А. А. Рейтинг международных финансовых центров / А. А. Головин // Российская экономика: взгляд в будущее / материалы III международной научно-практической конференции (заочной): в 2 частях. – 2017. – С. 405–408.

4. Горбунова О. А. Перспективы формирования международного финансового центра в Москве/ О. А. Горбунова // Наука и мир. – 2017. – №3 (43), Т. 3 – С.16–17.

5. Горбунова О. А. Тенденции и перспективы развития международных финансовых центров / О. А. Горбунова // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2017. – №33 – С.51 –56.

6. Евладова А. А. Планы и реализации создания международного финансового центра в Москве / А. А. Евладова // Финансовые аспекты развития реального и государственного секторов экономики Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения В.В. Леонтьева. – 2017. – С. 95–100.

7. Звонова Е. А. Реформирование мировой финансовой архитектуры и российский финансовый рынок / Е. А. Звонова. – М.: РУСАЙНС, 2016. – 430 с.

8. Игнатова О. В. Тенденции развития мирового финансового рынка в условиях геоэкономической неопределенности: Монография / О. В. Игнатова, А. А. Прудникова, О. А. Горбунова. – М: Издательство «Спутник+», 2015. – 161с.

9. Курносова М. В. Условия создания международных финансовых центров. международный финансовый центр в Российской Федерации / М. В. Курносова // Российская экономика: взгляд в будущее / материалы III международной научно-практической конференции (заочной): в 2 частях. – 2017. – С. 410–413.

10. Лобанова М. МФЦ в Москве: экономическая необходимость или идеологический проект власти? / М. Лобанова // Обозреватель. – 2013. – № 8. – С. 120–126.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Aslanova L. Mesto i rol' mirovyh finansovyh centrov v razvitii jekonomiki v uslovijah finansovoj globalizacii [The place and role of the world financial centers in the development of the economy in the conditions of financial globalization] / L. O Aslanova, T. O Nafedzova. // Izvestija chechenskogo gosudarstvennogo universiteta [News of the Chechen State University]. - 2017. №. 1 (5). P. 164-169. [in Russian]

2. Volkov V. V. Rol' sovremennyh me#dunarodnyh finansovyh centrov v mirovoj jekonomike [The role of modern international financial centers in the world economy] / V.V. Volkov // Mikrojekonomika [Microeconomics]. - 2017. №. 4. P. 18-22. [in Russian]

3. Golovin A. A Rejting megdunarodnyh finansovyh centrov [Rating of International Financial Centers[ / A. A Golovin // Rossijskaja jekonomika: vzgljad v buduschee[ / materialy III megdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (zaochnoj) [Russian Economy: A Look into the Future]. - 2017. P. 405-408. [in Russian]

4. Gorbunova O. A Perspektivy formirovanija me#dunarodnogo finansovogo centra v Moskve [Prospects for the formation of an international financial center in Moscow[ / O. A Gorbunova // Nauka i mir [Science and the world]. - 2017. №. 3 (43), V. 3 C.16-17. [in Russian]

5. Gorbunova O. A Tendencii i perspektivy razvitija me#dunarodnyh finansovyh centrov [Trends and Prospects for the Development of International Financial Centers] / OA Gorbunova // Jekonomika i upravlenie: analiz tendencij i perspektiv razvitija [Economics and Management: Analysis of Trends and Prospects for Development[. - 2017. №. 33 P.51-56. [in Russian]

6. Evladova A. A. Plany i realizacii sozdanija me#dunarodnogo finansovogo centra v Moskve [Plans and implementation of the creation of an international financial center in Moscow[ / A. A. Yevladova // Finansovye aspekty razvitija real'nogo i gosudarstvennogo sektorov jekonomiki Materialy Megdunarodnoj nau4no-prakti4eskoj konferencii [Financial aspects of the development of the real and public sectors of the economy]. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of V.V. Leontief. - 2017. P. 95-100. [in Russian]

7. Zvonova E. A. Reformirovanie mirovoj finansovoj arhitektury i rossijskij finansovyj rynok [Reforming the world financial architecture and the Russian financial market[ / E. A Zvonova. - Moscow: Rusays, 2016. - 430 p. [in Russian]

8. Ignatova O. V. Tendencii razvitija mirovogo finansovogo rynka v uslovijah geojekonomi4eskoj neopredelennosti [Tendencies of development of the world financial market in conditions of geo-economic uncertainty]: Monograph / O. V. Ignatova, A. A. Prudnikova, O. A. Gorbunova. - M: Publishing house «Sputnik +», 2015. – 161p. [in Russian]

9. Kurnosova M. V. Uslovija sozdanija me#dunarodnyh finansovyh centrov. me#dunarodnyj finansovyj centr v Rossijskoj Federacii / M. V. Kurnosova [Conditions for the establishment of international financial centers. International Financial Center in the Russian Federation / MV Kurnosova[ // [Russian Economy: A Look into the Future[ / Materials of the III International Scientific and Practical Conference (correspondence): in 2 parts. - 2017. - P. 410-413. [in Russian]

10. Lobanova M. MFC v Moskve: jekonomi4eskaja neobhodimost' ili ideologicheskij proekt vlasti? [MFC in Moscow: an economic necessity or an ideological project of power?] / M. Lobanova / / [Observer]. - 2013. - №. 8. - P. 120-126. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.103**

**Бардасова Э.В.**
[1]ORCID: 0000-0002-8642-9064, профессор,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

# ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

***Аннотация***

*Определены особенности образовательной услуги и маркетинга в сфере высшего профессионального образования. Показана необходимость стратегического анализа, маркетинговых исследований и разработки комплекса маркетинга в сфере образовательных услуг. Установлена необходимость инновационной деятельности для успешной коммерциализации интеллектуального капитала. Выявлена перспектива применения маркетинговых инноваций для развития сферы образовательных услуг. Представлена необходимость формирования специальных маркетинговых служб для исследований рынка и управления комплексом маркетинга в образовательных учреждениях.*

**Ключевые слова:** образовательная услуга, маркетинговые исследования, комплекс маркетинга, инновации, маркетинговая служба.

**Bardasova E.V.[1]**
[1]ORCID: 0000-0002-8642-9064, professor,
Kazan National Research Technological University

# MARKETING PECULIARITIES IN THE FIELD OF EDUCATIONAL SERVICES

***Abstract***

*The specificity of educational services and marketing in the field of higher professional education are determined in the paper. The need for strategic analysis, marketing research and development of a marketing mix in the field of educational services is shown. The necessity of innovative activity for the successful commercialization of intellectual capital is established in the paper. The outlooks of application of marketing innovations for development of the field of educational services are revealed. The necessity of forming special marketing services for market research and management of the marketing complex in educational institutions is presented.*

**Keywords:** educational service, marketing research, marketing complex, innovation, marketing service.

В современных условиях система высшего профессионального образования (впо) характеризуется высокой степенью конкуренции на рынке образовательных услуг, предоставляемых государственными и негосударственными учреждениями впо, широким набором уровней и направлений подготовки. Проблемой большинства образовательных организаций, особенно региональных, остается неспособность выявлять и эффективно использовать потенциал рынка образовательных услуг. Для повышения конкурентоспособности отдельных учреждений впо актуальным остается формирование долгосрочной маркетинговой стратегии, использование маркетинговых технологий и создание специальных маркетинговых служб в составе образовательного учреждения.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является систематизация теоретических знаний по особенностям маркетинга в системе впо. Для достижения поставленной цели решались задачи:

- Определение особенностей рынка образовательных услуг;
- Выявление необходимости маркетинговых исследований и swot-анализа;
- Изучение комплекса маркетинга в сфере впо;
- Представление необходимости создания маркетинговой службы в вузах.
- Определение необходимости маркетинговых инноваций в образовательной сфере.

Исследования проводились с применением теоретических методов анализа и синтеза имеющейся научной информации.

В результате анализа литературных данных выявлена особенность образовательной услуги, которая понимается как набор знаний, умений и навыков, направленных на удовлетворение различных потребностей индивида, общества и государства в целом. Необходимо учитывать, что образовательные услуги носят сезонный и долгосрочный характер, имеют высокий уровень неопределенности, характеризуются невозможностью перепродажи, нестабильны по качеству и несохраняемы для потребителя. С другой стороны, предоставление образовательной услуги связано с существенной степенью ответственности перед потребителем [7].

Рынок образовательных услуг представляет собой систему маркетинговых отношений между участниками, оказывающими влияние на формирование образовательного процесса. Необходимо учитывать, что реальными участниками рынка в сфере ВПО являются не только учреждения образования и потребители (индивидуальные или корпоративные), но и ряд посредников (биржи труда, службы занятости, органы регистрации, лицензирования и аккредитации учреждений ВПО и т.д.). Также следует учитывать функции государства, как заказчика для бюджетных образовательных учреждений и как регулирующего органа для коммерческих вузов [1]. Государство устанавливает перечни направлений подготовки, определяет основные черты ассортимента и качества образовательных услуг, которые фиксируются в образовательных стандартах.

Особенностью маркетинга в сфере ВПО является наличие большого числа участников рынка, что затрудняет проведение маркетинговых исследований и стратегического анализа при планировании открытия нового учреждения ВПО или направления подготовки.

Анализ рынка следует начинать с тенденций изменения факторов макросреды, влияющих на систему образования, и изучения микросреды, а именно участников рынка путем проведения маркетинговых исследований. В ходе исследований необходимо выявить текущий и перспективных спрос на специалистов определенных направлений подготовки, как со стороны государства, так и со стороны индивидуальных и корпоративных потребителей. Следует

оценить конкурентную ситуацию в заданной сфере, включая ассортимент предлагаемых образовательных услуг, уровень ценовой политики, способы распределения и продвижения услуг в сфере ВПО [8].

По результатам стратегических и маркетинговых исследований составляется перечень возможностей и угроз со стороны внешней среды, а также сильных и слабых сторон образовательной организации на рынке. Далее формируется маркетинговая стратегия и определяется комплекс маркетинга (в упрощенном виде - товар, цена, распределение, продвижение) для учреждения в сфере ВПО или отдельного направления подготовки.

Выявлено, что в большинстве случаев маркетинговая деятельность в сфере впо ограничивается построением системы маркетинговых коммуникаций, для информирования реальных и потенциальных потребителей образовательных услуг [9], что противоречит комплексности маркетинговых технологий.

Итак, при определении категории «Товар», или в данном случае образовательной услуги, следует четко представлять планируемый ассортимент и качество. Предварительно проводят сегментацию потребителей, для выявления требований к образовательной услуге [5]. Для каждого сегмента образовательная услуга приобретет свой вид, например, полноценная образовательная программа для школьников, сокращенная для выпускников учреждений СПО и ВПО, программа дневного, заочного или вечернего обучения, возможности получения одновременного дополнительного образования, наличие практик и стажировок, в том числе зарубежных и т.д.

При определении категории «Цена», коммерческих направлений подготовки, следует учитывать данные анализа соотношения «цена-качество» конкурентов, репутацию Вуза, территориальную доступность, платежеспособность целевых сегментов потребителей и др. Возможна разработка различных систем скидок для корпоративных клиентов, для получающих следующую ступень или второе высшее образование в том же образовательном учреждении.

Категория «Распределение» в основном связана с расширением сети филиалов и представительств, а также с организацией дистанционного обучения. Наиболее изученным является «Продвижение» или система маркетинговых коммуникаций в системе ВПО, которые способствуют узнаваемости вуза целевой аудиторией, а постепенно и формированию конкурентоспособного имиджа. В качестве площадок для организации коммуникаций можно использовать корпоративный сайт, социальные сети, специальные блоги и др. [3]. Также эти инструменты могут использоваться для организации обратной связи с потенциальными и реальными потребителями образовательных услуг, по параметрам - качество обучения, цена, формы и методика обучения, условия, месторасположение, престиж, реклама и т.д., что станет основой для корректировки стратегических, тактических и оперативных маркетинговых мероприятий.

В таких условиях инновационный процесс в сфере образовательных услуг следует рассматривать как совокупность взаимосвязанных действий от идеи до коммерциализации нововведения, приводящих к рыночному успеху. В этом смысле необходимо принятие эффективных маркетинговых решений на всех стадиях инновационного процесса и применение более действенных методов удовлетворения потребностей по сравнению с конкурентами. Следовательно, маркетинговые инновации должны охватывать все стадии становления образовательного учреждения или направления подготовки, включая поиск и оценку идей с учетом запросов потребителей, разработку концепции инновационного товара в соответствии с набором ожиданий потребителей, прогнозирование рыночной привлекательности и возможностей коммерциализации высокотехнологичной продукции [10].

Концепция инновационного маркетинга, ориентированного на повышение конкурентоспособности образовательных услуг и их коммерциализации, должна обеспечивать неразрывность цепочки прироста стоимости с учетом интересов исследователей, разработчиков, производителей, посредников и потребителей инноваций [6]. Необходимо совместное маркетинговое взаимодействие производителей и потребителей образовательных услуг для оценки принятия инноваций партнерами по цепочке ценности для наращивания интеллектуального капитала и инновационного потенциала [2], [4].

Таким образом, особенности маркетинговой деятельности в сфере ВПО, необходимость учета и прогноза большого числа рыночных факторов требует создания специальных маркетинговых служб в Вузах, успешный опыт формирования которых имеется в НИУ «ВШЭ», РЭУ им. Г.В. Плеханова и др. [6]. Также необходима организация повышения квалификации преподавателей и руководителей в сфере особенностей маркетинга ВПО для повышения текущего уровня конкурентоспособности и формирования конкурентного потенциала образовательного учреждения или направления подготовки.

**Список литературы / References**

1. Артыкбаева с. Ж. Сущность и особенности маркетинга в сфере образования (обзор литературы) / с. Ж. Артыкбаева // материалы viii междунар. Науч. Конф. «проблемы и перспективы развития образования». — краснодар: новация, 2016. — с. 43-47.
2. Гаврилов Д. В. Роль интеллектуального капитала в модели российского бизнеса // Д. В. Гаврилов, Э. В. Бардасова // Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - Т. 15. - № 20. - С. 210-212.
3. Жуковская И. В. Маркетинговые социо-технологии в системе высшего профессионального образования: синергетический подход / И. В. Жуковская // Вестник Казанского юридического института МВД России. - 2014. - №1(15). - С. 67-70.
4. Kassura E. V. Co-creation value as a new trend in innovative marketing / E. V. Kassura, I. N. Trefilova // Modern science. 2016. – Vol. 11 – P. 38-40.
5. Коновалова И. А. Развитие маркетинга в сфере образования / И. А. Коновалова, Ф. М. Газаева // Сборник статей «Экономика и современный менеджмент: теория и практика» – Новосибирск: СибАК. - 2013. - № 11(31).
6. Короткова Т. Л. Роль маркетинга в коммерциализации инноваций / Т. Л. Короткова, А. В. Власов // Практический маркетинг. – 2010. - №3 (157). – С. 10-17.
7. Кулагина о. В. Формирование маркетинговой концепции рынка образовательных услуг в высших учебных заведениях / о. В. Кулагина, к. И. Енина // вестник нгиэи. – 2016. - №1(56). - с.65-72.

8. Хугаева М. В. Маркетинг в сфере высшего образования: особенности и перспективы развития / М. В. Хугаева // Материалы VII Междунар. науч.–практ. конф. «Образование и наука в современных условиях». - Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. — № 2 (7). — С. 207–209.

9. Хурумова Т. Г. Особенности маркетинга в сфере высшего образования / Т. Г. Хурумова // Terra Economicus. - 2013. - №3. – Т.11. - С.165-167.

10. Шкарупа Т. В. Роль маркетинга в процессе разработки и распространения инновационных товаров / Т. В. Шкарупа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2011. - №1. – С. 89-95.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Artykbaeva S. Zh. Sushhnost' i osobennosti marketinga v sfere obrazovanija (Obzor literatury) [Essence and peculiarities of marketing in the sphere of education (Review of literature)] / S. Zh. Artykbaeva // Materialy VIII mezhdunar. nauch. konf. «Problemy i perspektivy razvitija obrazovanija» [Proceedings of the VIII int. sci. conf. "Problems and prospects of the development of education"]. — Krasnodar: Novacija, 2016. — P. 43-47. [in Russian]

2. Gavrilov D. V. Rol' intellektual'nogo kapitala v modeli rossijskogo biznesa [The role of intellectual capital in the model of Russian business] / D. V. Gavrilov, Je. V. Bardasova // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. - 2012. - Vol. 15. – N 20. - P. 210-212. [in Russian]

3. Zhukovskaja I. V. Marketingovye socio-tehnologii v sisteme vysshego professional'nogo obrazovanija: sinergeticheskij podhod [Marketing socio-technologies in the system of higher professional education: synergetic approach]/ I. V. Zhukovskaja // Vestnik Kazanskogo juridicheskogo instituta MVD Rossii [Bulletin of Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. - 2014. – N 1(15). - P. 67-70. [in Russian]

4. Kassura E. V. Co-creation value as a new trend in innovative marketing / E. V. Kassura, I. N. Trefilova // Modern science. 2016. – Vol. 11 – P. 38-40.

5. Konovalova I. A. Razvitie marketinga v sfere obrazovanija [The development of marketing in the sphere of education] / I. A. Konovalova, F. M. Gazaeva // Sbornik statej «Jekonomika i sovremennyj menedzhment: teorija i praktika» [Collection of articles "Economics and modern management: theory and practice"] – Novosibirsk: SibAK. - 2013. - N 11(31). [in Russian]

6. Korotkova T. L. Rol' marketinga v kommercializacii innovacij [The role of marketing in the commercialization of innovation] / T. L. Korotkova, A. V. Vlasov // Prakticheskij marketing [Practical marketing]. – 2010. – N 3 (157). – P. 10-17. [in Russian]

7. Kulagina O. V. Formirovanie marketingovoj koncepcii rynka obrazovatel'nyh uslug v vysshih uchebnyh zavedenijah [Formation of the marketing concept of the market of educational services in higher educational institutions] / O. V. Kulagina, K. I. Enina // Vestnik NGIJeI [Bulletin of NSEEU]. – 2016. – N 1(56). - P. 65-72. [in Russian]

8. Hugaeva M. V. Marketing v sfere vysshego obrazovanija: osobennosti i perspektivy razvitija [Marketing in Higher Education: Features and Development Prospects] / M. V. Hugaeva // Materialy VII Mezhdunar. nauch.–prakt. konf. «Obrazovanie i nauka v sovremennyh uslovijah» [Proceedings of the VIIth int. scientific-practical conf. "Education and science in modern conditions."]. - Cheboksary: CNS «Interaktiv pljus», 2016. — N 2 (7). — P. 207–209. [in Russian]

9. Hurumova T. G. Osobennosti marketinga v sfere vysshego obrazovanija [The features of marketing in higher education] / T. G. Hurumova // Terra Economicus [Terra Economicus]. - 2013. – N 3. – Vol.11. - P.165-167. [in Russian]

10. Shkarupa T. V. Rol' marketinga v processe razrabotki i rasprostranenija innovacionnyh tovarov [The role of marketing in the process of development and dissemination of innovative products] / T. V. Shkarupa // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]. - 2011. – N 1. – P. 89-95. [in Russian]

AGRIS

*Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.*

*Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.*

***AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology)** – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.*

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.154**

**Бишимбаева С.К.[1], Нурашева К.К.[2], Нурмуханбетова А.А.[3]**
[1]ORCID: 0000-0001-8024-8994, кандидат экономических наук,
[2]ORCID: 0000-0002-4639-467X, доктор экономических наук, профессор,
[3]ORCID: 0000-0001-7235-6696, магистр менеджмента,
[1,3]АО «Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина», г.
[2]РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова», г. Шымкент, Республика Казахстан

# КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ И КРИТЕРИИ ИННОВАЦИОННОСТИ УНИВЕРСИТЕТА КАК ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

***Аннотация***

*Рассматриваются институты гарантии качества образования, науки и инноваций. Цель исследования - разработка интегрированной модели гарантии качества инновационной деятельности университета. Указывается, что в Казахстане отменяют государственную аттестацию и перешли к независимой аккредитации вузов. Университеты в современном мире являются активными проводниками государственной политики в сфере развития научно-инновационной деятельности, в связи с чем усиливается роль университетов как субъектов рынка инноваций. Что в свою очередь приводит к качественным и количественным изменениям в научно-образовательной деятельности университетов и созданию инновационной экосистемы вузов. Требуется построение системы эффективного управления инновационной деятельностью вуза. Делается вывод, что самооценка – важный инструмент повышения качества инновационной деятельности вуза. Новизна исследования заключается в разработке ключевых показателей оценки и критериев инновационного развития университета, позволяющих оценить уровень зрелости системы менеджмента качества, принять прогнозные решения по модернизации процессов научно-инновационной деятельности. Внутренняя самооценка дает ясно понять, достиг ли университет нового уровня научно-образовательной деятельности и зрелости системы качества менеджмента вуза.*

**Ключевые слова**: инновационная деятельность, гарантия качества, модель, критерий, контроль, оценка.

**Bishimbaeva S.K.[1], Nurasheva K.K.[2], Nurmukhanbetova A.A.[3]**
[1]ORCID: 0000-0001-8024-8994, PhD in Economics,
[2]ORCID: 0000-0002-4639-467X, PhD in Economics, Professor,
[3]ORCID: 0000-0001-7235-6696, Master of Management,
[1,3]JSC "Kazakh Agrotechnical University", Astana, Republic of Kazakhstan,
[2]RSE on PEU "South-Kazakhstan State University», Shymkent, Republic of Kazakhstan

# KEY PERFORMANCE INDICATORS AND CRITERIA FOR THE UNIVERSITY INNOVATION AS THE ELEMENTS OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

***Abstract***

*Institutions of quality assurance of education, science and innovations are considered in the paper. The purpose of the study is to develop an integrated model of the quality assurance of the university innovation activities. It is stated that in Kazakhstan they cancel state certification and turn to independent accreditation of universities. Universities in the modern world are the active conductors of state policy in the area of a scientific development and an innovative activity, due to which the role of universities as subjects of the innovation market is being strengthened. This in turn leads to qualitative and quantitative changes in the scientific and educational activities of universities and the creation of an innovative ecosystem of universities. It is required to build a system of effective management of innovation activity of the university. It is concluded that self-assessment is an important tool for improving the quality of innovation activity of the university. The novelty of the research is the development of key indicators of evaluation and criteria for innovative development of the university, allowing to assess the level of maturity of the quality management system, to make predictive decisions to modernize the processes of scientific and innovative activity. Internal self-assessment makes it clear that the university has reached a new level of scientific and educational activities and the maturity of the quality system of the university management.*

**Keywords**: innovation activity, quality guarantee, model, criterion, control, evaluation.

В современных условиях формирование новой структуры отношений между государством, университетами и бизнесом имеет важнейшее значение. Возрастает роль университетов как субъектов рынка, генерирующих инновации. Система высшего образования несет ответственность не только за воспроизведение качественной рабочей силы страны и ее интеллектуального потенциала, но и за формирование инновационной экосистемы в соответствии с требованиями научно – технологического прогресса.

По нашему мнению, инновационная экосистема представляет собой организационную систему, основанную на коллективном взаимодействии в сфере создания потоков знаний, поддержки технологического развития и коммерциализации инноваций, элементы (субъекты) которой осуществляют формальные и неформальные взаимодействия в целях производства и вывода на рынок инноваций.

Элементы экосистемы: субъекты (государство, бизнес, общество, образование и наука); материальные ресурсы и финансовые активы; человеческий капитал, инновационная инфраструктура; факторы внутренней и внешней среды. «Приставка «эко» указывает в данном случае на то, что в современных условиях инновации зарождаются коллективно, в определенной сетевой среде, основанной на горизонтальных (не иерархичных) связях юридически независимых участников» [1].

Для того, чтобы постоянно поддерживать генерацию и внедрение инноваций необходима система гарантии качества научно-образовательных услуг, которая напрямую способствует повышению конкурентоспособности университетов.

К настоящему времени крупные университеты Казахстана прошли путь радикального обновления и трансформировались в инновационную структуру, которая основана на коллективном взаимодействии в сфере создания потоков знаний, проведения фундаментальных и прикладных исследований, формирования научных школ. Одновременно произошло коренное изменение образовательной парадигмы, и сегодня университеты стоят во главе системного подхода к инновационной деятельности и коммерциализации научно - технических разработок.

С учетом требований мировых стандартов качества в Казахстане сделаны кардинальные шаги в формировании современной модели управления научно-исследовательской работой. Особое внимание уделено созданию национальной системы оценки качества образования и исследовательской деятельности. Идеи Болонского процесса повлияли на развитие механизмов внешней и внутренней оценки деятельности вузов.

Это стимулирует образовательные учреждения разрабатывать новые механизмы гарантии качества научно-образовательных услуг, адекватные современному уровню инновационного развития. Дело в том, что в стране реализуется Государственная программа индустриально-инновационного развития на 2015-2019 гг., успех которой зависит от профессионализма кадров и внедрения инноваций в производство.

Поэтому эффективно построенная система гарантии качества управления деятельностью вуза обеспечивает не только признание университета в академической среде и его конкурентоспособность, но и продвигает инновации через партнерство с бизнесом. Одновременно в вузах развиваются элементы корпоративной культуры управления, что включает стратегическое планирование, маркетинг рынка образовательных услуг, генерирование научных идей и воплощение их в виде инноваций, которые потом доводятся до стадии внедрения.

Применительно к университету мы придерживаемся мнения А.Н. Крылова, что корпоративная культура - это «совокупность идей, ценностей, общепризнанных моделей и норм поведения, присущих конкретной организации; совместный опыт членов организации, формирующийся в ходе коллективной деятельности и выраженный как материальными, так и духовными формами [2].

Наличие корпоративной культуры в вузовской среде способствует формированию модели инновационной экосистемы, эффективное функционирование которой зависит от правильно построенной системы менеджмента качества (СМК).

Новизна исследования заключается в разработке интегрированной модели гарантии качества инновационной деятельности университета, что позволяет сформировать особую экосистему, ориентированную на интеграцию академического и предпринимательского сектора, коммерциализацию научных знаний.

**Методика исследования**

Вопросам формирования инновационной среды высшего образования посвящено множество трудов зарубежных и казахстанских ученых. Работая над статьей, авторы ознакомились с некоторыми из них. Так, P. Aghion, M. Dewatripont, J. Stein отмечают, что трансфер научных и технологических знаний из университетов в бизнес является безусловным фактором экономического развития страны [3, С. 617].

По мнению M. Guerrero, J.A. Cunningham, D. Urbano. университет является генератором и проводником знаний, осуществляющим вклад в экономическое и социальное развитие через триаду миссий – образования, исследований и предпринимательской деятельности [4].

Автор идеи «открытых инноваций» H.W. Chesbrough считает, что инновации рождаются через эксперименты между фирмами, университетами, правительством и конечными пользователями идей [5]. Таким образом, появляются бизнес-модели, создающие ценность и прибыль.

Обзор зарубежных исследований по вопросам инновационной деятельности вузов показывает, что опыт следует использовать, но с учетом особенностей в Казахстане. Соласно исследования, что работы, начатые по формированию модели инновационной экосистемы университетов пока не достигли состояния зрелости. Именно этим объясняется нахождение научных исследований университетов и коммерциализация их результатов на ранних стадиях развития.

Для наращивания инновационного потенциала вуза, авторы предлагают сформировать систему менеджмента качества и рассматривать деятельность университета как целостный комплекс, состоящего из активов, ресурсов, интеллектуального капитала. В этом проявляется системный подход.

При проведении исследования и для изложения материала были использованы общенаучные принципы и методы познания: единство теории и практики, определенность, конкретность, научность, объективность, а также эмпирические (наблюдение, измерение, описание), логические (сравнение, системный анализ и синтез, моделирование).

Методология исследования ориентирована на систему контролируемых параметров, устанавливаемых для организаций высшего образования со стороны руководящих органов и аккредитуемых организаций. В то же время, методология изучения проблемы опирается на ценностно - ориентированный подход, что означает реализацию парадигмы коллективного взаимодействия в сфере создания потока знаний, поддержки технологического развития и коммерциализации инноваций. Необходимо отметить, что казахстанские ценности определены в программе «Интеллектуальная нация» и других стратегических документах, определяющих развитие страны до 2020 г.

**Институты гарантии качества образования и науки**

Инновационная активность вузов в значительной степени зависит от объема выделяемых бюджетом средств на науку, степени участия бизнеса в подготовке кадров, финансировании прикладных исследований. Вместе с тем, большое значение имеет государственное регулирование высшей школы, система контроля, аттестации и аккредитации. Институт контроля качества образования часто подвергается критике. К примеру, L. Harvey утверждает, что в странах со значительным государственным сектором правительства стремятся контролировать университеты через мониторинг качества и аттестацию, тем самым снижая степень академической свободы и самостоятельности коллектива ППС и ученых [6].

В Казахстане посчитали эффективной отмену государственной аттестации и постепенно перешли к независимой аккредитации. Ее осуществляют два агентства – Независимое казахстанское агентство по обеспечению качества

образования (далее - НКАОКО) и Независимое агентство аккредитации и рейтинга (далее - НААР). Деятельность которых выступает как форма надзора за соблюдением установленных государством и академическим сообществом требований. Допущены еще несколько авторитетных западных агентств, среди которых ASIIN, AQIN, FIBA, ABET.

Гарантом качества образования и инновационной деятельности вуза в определенной мере может быть международная аккредитация, где в составе комиссии есть представители работодателей и иностранные эксперты. Вместе с тем, гарантом качества образования и эффективности научных исследований в общественном сознании являются не сама аккредитация, показатели и процедуры как это делается, а место вуза в мировом и национальном рейтингах. Конечно, это справедливо только в случае общественного признания самих рейтинговых агентств.

Однако не существует доказательств того, что внешний контроль значительно влияет на повышение качества обучения и исследования. Контроль и контролирующие механизмы зачастую противоречат академической автономии и ухудшают качество научно-образовательного процесса. Британский ученый M. Yorke уверяет, что предметом руководства на национальном уровне и на уровне вуза должны быть улучшения, а не форма отчетности: «...требования будущего требуют более предусмотрительного подхода, в котором улучшения на первом плане, а форма отчетности после» [7, С. 15].

По нашему мнению, в современных условиях более актуален и полезен контроль работы университета через Попечительский или Наблюдательный советы. При этом оценка и гарантия качества образования нужны не столько для определения превосходства одних вузов над другими, сколько для самого процесса диалога и преобразований в экосистеме вуза.

Некоторые из вышеперечисленных элементов системы гарантии качества образования и науки применяют в своих процедурах вузы Казахстана. Самым важным среди них является самооценка образовательного учреждения, которая «показывает, как отойти от контроля и отвечать за собственное качество» [8, С. 69].

**Самооценка как инструмент повышения качества инновационной деятельности вуза**

Определяющим инструментом повышения качества управления инновационной деятельностью вуза является процедура самооценки. Существующие в мировой практике модели самооценки можно использовать для определения уровня научно-инновационного развития вуза. Наиболее известны: модель Европейского фонда по менеджменту качества (EFQM), премия Мэлколма Болдриджа, модель самооценки по Герберту Келлсу, модель Тито Конти, Премия Президента РК «Алтын Сапа», модель ISO-9001, модель самооценки на основе стандартов и директив гарантии качества высшего образования Европы ENQA [9], [10], [11]. Рассмотрим наиболее приемлемые модели для оценки инновационной деятельности университета.

**Модель делового совершенства EFQM** основывается на двух группах критериев «Возможности» и «Результаты». Группа «Возможности» включает критерии: лидирующая роль руководства; политика и стратегия; менеджмент персонала; ресурсы и партнеры; менеджмент процессов. Группа «Результаты» включает критерии: удовлетворенность потребителей; удовлетворенность персонала; влияние вуза на общество; результаты деятельности вуза. Применение модели EFQM предполагает серьезную диагностику зрелости системы менеджмента, измерение мощности и эффективности инновационного потенциала организации, выявление сильных сторон, а также областей, где целесообразно проводить улучшения.

**Модель Премии Президента РК «Алтын Сапа»** основана на принципах Европейской премии качества (EQA) и принципах концепции тотального менеджмента качества (TQM): ориентация на потребителя, лидерство руководства, последовательность в достижении целей, менеджмент на основе понимания процессов и фактов, вовлечение персонала в процессе принятия решений.

**Модель ISO 9001** исходит из общих основополагающих принципов качества: ориентация на потребителя, лидерство руководства, вовлечение и участие всех сотрудников, процессный подход организации и управления, непрерывное улучшение, принятие решений, основанных на фактах, взаимовыгодные отношения с партнерами. СМК на основе ИСО 9001 в вузах РК начала внедряться с 2004 года.

Аналогично принятой в Европе системе кредит-часов ECTS и приложениям к диплому, называемому Diploma Supplement, модель ENQA формирует правила, которые соответствуют европейским взглядам на систему гарантии качества. Представленные в модели стандарты в трех частях (внутренняя оценка качества, внешняя оценка и оценка агентства) в Казахстане мало отличаются от европейских. Разница лишь в полноте соблюдения стандартов и глубоком понимании их как инструмента достижения такого уровня менеджмента, при котором гарантируется качество.

В рассмотренных моделях представлено много ценного для использования в части критериев. Стараясь соответствовать реалиям времени, вузы формируют свои системы гарантии качества учебно-научно-воспитательного процесса, которые должны соответствовать требованиям нового времени – отвечать интересам обучающихся, родителей, бизнеса и государства в целом. И здесь первостепенное внимание в исследовательских университетах уделяется инновациям. Опыт использования СМК для достижения качества инновационной деятельности вуза показан ниже.

**СМК как инструмент создания инновационной экосистемы вуза**

Система гарантии качества управления вузом включает ряд элементов: политика и стратегия в области качества, структуры и подразделения, ответственные за качество, необходимые для оказания услуг ресурсы, процедуры экспертизы качества. Но основой всего должен быть мировоззренческий подход, что университет – это учреждение, где создается интеллектуальный потенциал, кадры для будущего экономики. Поэтому гарантию качества мы понимаем как ответственность должностных лиц за обеспечение этого качества, способность соответствовать ожиданиям потребителей, т.е. работодателей.

На примере исследовательских университетов Казахстана, которые первыми перешли на СМК, можно сказать, что самооценку качества учебно-научного процесса они проводят довольно успешно. В итоге возникла интегрированная схема, отражающая качество процессов. На рисунке 1 показана только часть модели, относящаяся к инновационной

деятельности вуза (см. рис. 1) [10], [11], [12]. В данной схеме новым является то, что вся система управления вузом нацелена на гарантию качественного осуществления инновационной деятельности.

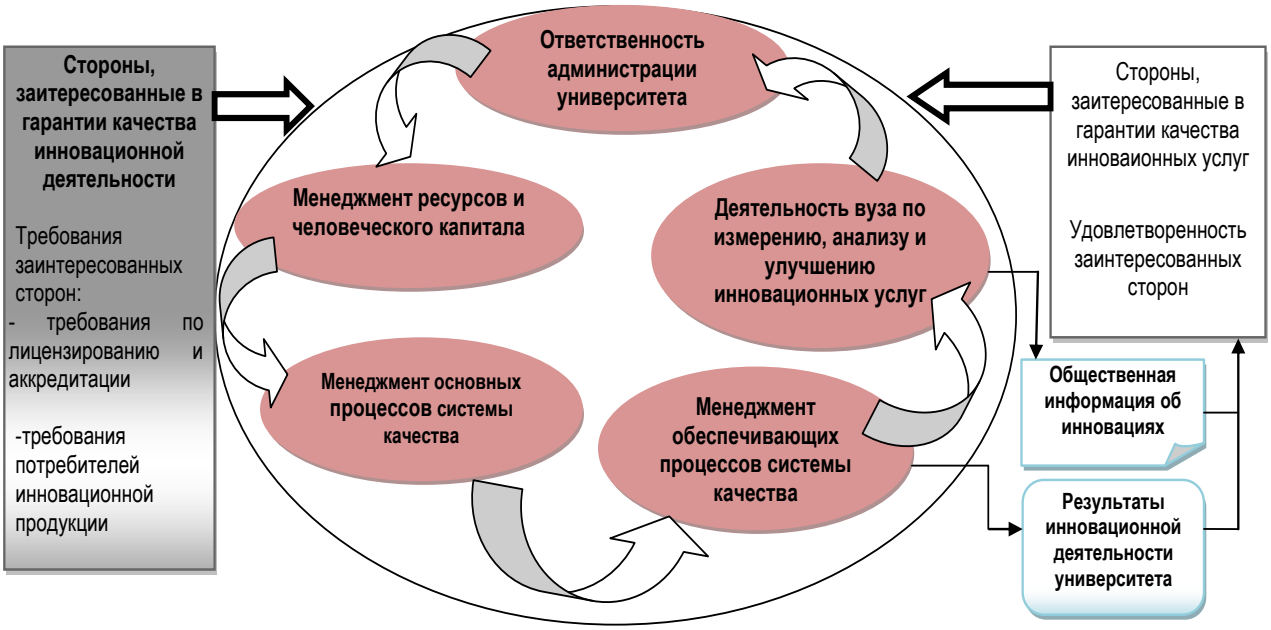



Рис. 1 – Модель системы качества управления инновационной деятельностью вуза

*Примечание: составлено авторами на основе литературы [10], [11], [12].*

Система обеспечения качества инновационной деятельности включает следующие элементы:

1. политика и процедуры, определяющие гарантию качества инноваций вуза;
2. требования к инновационности учебного процесса и исследовательской компоненте;
3. разработку, внедрение, мониторинг и оценку инновационных проектов, образовательных программ, их модульность и междисциплинарность;
4. гарантию уровня знаний, компетенций, инициативы, творческого подхода к работе со стороны ППС и научного персонала;
5. научную инфраструктуру, подразделения поддержки инноваций, ресурсы;
6. показатели и критерии оценки уровня научного и инновационного развития вуза;
7. систему информирования общественности через различные пресс-релизы, рейтинги, выступления в печати и на TV руководства вуза и др.

Безусловно, система оценки качества инновационного развития вуза может совершенствоваться или включать другую компоновку рамочных стандартов. Главное - менеджмент лидирующих вузов осознал необходимость быть в тренде научно-технологического развития и почувствовал необходимость коренных преобразований. Речь идет об инновационности всех сторон – учебно-воспитательного процесса, научной работы. Через мониторинг указанных процессов можно легко отследить их результативность.

**Ключевые показатели оценки и критерии инновационного развития**

Задачей оценки инновационного развития вуза является получение достоверных данных, основанных на статистике вуза; использование этого аналитического материала для улучшения деятельности в части научных разработок и коммерциализации их. Конечной целью является достижение эффективности научных исследований, что возможно в условиях высокой зрелости системы менеджмента качества вуза.

Применяемый механизм оценки позволяет установить соответствие научно-инновационной деятельности вуза и ее результатам. Сегодня академическая свобода позволяет улучшить организацию учебной и научной работы, обозначить четко приоритеты дальнейшего развития. У авторов сложилось мнение, что успех инновационной деятельности вуза достигается, если все проводимые работы нацелены на формирование инновационной экосистемы вуза. С этой точки зрения определены ключевые индикаторы, наиболее объективно отражающие качество деятельности исследовательского вуза (см. рис. 2):

- Качество исследований и разработок, развитость научных школ – К1.
- Качество ППС и научного персонала, их компетентность – К2.
- Качество инноваций, коммерциализация их результатов, создание предприятий МСБ, старт-апов – К3.
- Качество материальной базы, исследовательских лабораторий и инновационная инфраструктура – К4.
- Качество материальных и моральных стимулов для ППС, ученых и обучающихся – К5.
- Качество методик обучения и технологий исследования – К6.
- Качество академической мобильности и сотрудничества между вузами и научными учреждениями стран СНГ и дальнего зарубежья – К7.
- Качество защиты авторских прав и интеллектуальной собственности – К8.
- Качество системы управления вузом и рост престижа вуза – К9.

Используя критерии модели EFQM «Возможности» и «Результаты», авторы оценили достоинства и упущения существующей СМК вуза. В итоге рекомендовано обновить Стратегию развития университета в свете активизации

инноваций и коммерциализации научно-технических разработок. Целесообразно определить новую Миссию, Политику в области качества, наметить приоритетные направления научных исследований.

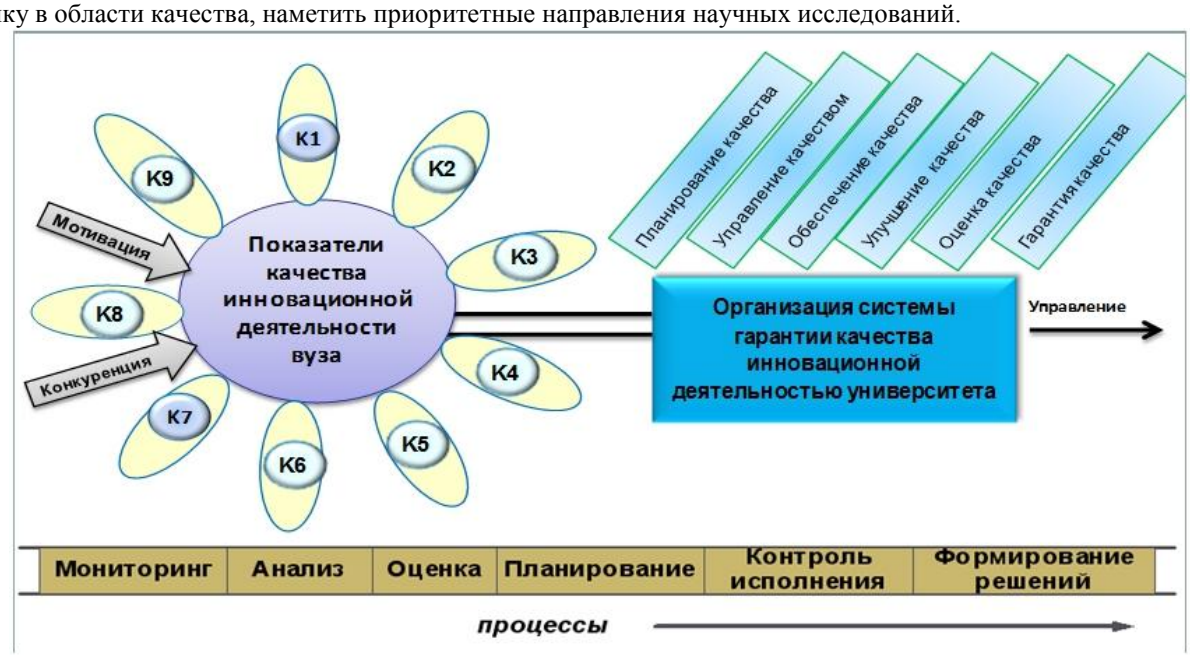



Рис. 2 – Ключевые показатели качества деятельности исследовательского университета

*Примечание: составлено авторами на основе литературы [10], [12].*

Авторы рекомендуют по каждому направлению деятельности вуза формировать свои критерии [12]. В основу критериев положена система эффективного администрирования, т.е. рациональное управление. В качестве примера в таблице 1 приведен критерий «Лидирующая роль руководства в управлении инновациями исследовательского университета» (см. табл. 1).

Таблица 1 – Критерий 1 «Лидирующая роль администрации вуза в управлении инновациями исследовательского университета»

| № | Наименование подкритерия | Оценка |
|---|---|---|
| 1 | Формирование Миссии, Видения, Политики, основных Ценностей, целей и задач вуза в управления инновациями происходит при личном участии ректора и проректора по науке | 10 |
| | *Описание уровней совершенства подкритерия:* | |
| 1.1 | Администрация вуза имеет собственное видение на качество процессов в области инноваций и принимает решения обособленно. Для обсуждения этого видения персонал не привлекается. Инновационный аспект в Миссии, видении, определении ценностей и политики слабо отражается и не документирован. | 1-2 |
| 1.2 | Администрация вуза сверху спускает коллективу свое видение инновационного развития. Заранее выработанные Миссия, Видение, Политика, основные ценности, цели и задачи в области инноваций обсуждаются с ППС, сотрудниками, сообществом молодых ученых, однако решения вырабатываются самим руководством вуза без особого учета мнения членов коллектива. | 3-4 |
| 1.3 | Администрация вуза выступает инициатором обсуждения с коллективом Миссии, видения, основных ценностей, политики, целей и задач в улучшении качества инновационной деятельности. Эти совершенствования задокументированы. Они утверждены внутренними вуза. Периодически анализируется информация для внесения изменений в Политику и Стратегию. | 5-6 |
| 1.4 | Стратегический план развития аккумулирует все программные документы, в нем отражены все аспекты внутренней академической деятельности и внешнего взаимодействия. По инициативе администрации университета в СМК вовлекаются заинтересованные стороны - партнеры, работодатели, рейтинговые агентства, СМИ и др. Постоянный анализ и поиск направлений совершенствования Стратегии и Политики в области генерации знаний и улучшения качества инноваций является главной функцией высшего руководства вуза. | 7-8 |
| 1.5 | В вузе успешно налажена комплексная система статистики: сбор данных, анализ информации об инновациях в научно-образовательной сфере, мониторинг всех процессов. Каждый процесс имеет конкретные, измеряемые показатели, можно отследить их динамику, своевременно выявить риски и принять упреждающие меры. Назначенные за мониторинг лица или подразделения знают свою сферу ответственности и полномочия. Результаты используются для внесения изменений в Политику и Стратегию. Эффективность этого мониторинга оценивается сравнением с ведущими вузами. | 9-10 |
| | *Источник: [12] и собственные исследования авторов.* | |

Как видно, критерии инновационности вуза описывают пять уровней совершенства. Каждый критерий отражает личное участие администрации вуза в подготовке Миссии, Видения, основных ценностей, политики, целей и задач в области качества инновационной деятельности. Следует заметить, что критерии следует выбирать так, чтобы они были доступны для понимания, легко определяемы количественно, прозрачны и позволяли оценить ту или иную деятельность вуза с точки зрения качества работы.

Придерживаясь критериев модели совершенства EFQM можно выявить сильные и слабые стороны вуза в генерировании знаний, изобретении различных новшеств в организации учебно-научного процесса, коммерциализации разработок ученых. Именно так можно оценить степень зрелости СМК вуза, принять прогнозные решения по инновационной модернизации всех процессов.

Самооценка вуза дает ясно понять, достиг ли университет нового уровня качества в инновационной деятельности и насколько система менеджмента вуза может поддерживать достигнутые показатели. Безусловно, это многоплановая работа, основанная на системном и процессном подходе, и она позволяет достичь результатов, признаваемых академическим сообществом, партнерами, работодателями и другими заинтересованными сторонами.

**Выводы и рекомендации**

Исследование новейших данных о системе гарантии качества научно-образовательной и инновационной деятельности вуза позволяет нам констатировать о наличии следующих тенденций:

1. В Казахстане пока останется государственный контроль в виде лицензирования, аккредитации, постлицензионного контроля и надзора научно-образовательной деятельности вузов. Это ограничивает инициативу ученых в генерировании инноваций и коммерциализации научных разработок.

2. Реализация программы индустриально-инновационного развития экономики страны на 2015-2019 годы, Карты индустриализаии-2020 усиливает востребованность инноваций и усиливает значение инновационной экосистемы исследовательских университетов. Отраслям нужны высококлассные специалисты, а значит, вуз должен гарантировать качество инновационной деятельности, создавать условия для инноваций.

3. Вхождение казахстанских вузов в Европейское пространство высшего образования предполагает, что гарантия качества по СМК представляется возможным по пути сочетания достоинств оценки и контроля при возрастающей ориентации университетов на ценности заинтересованных в инновациях сторон – государства и бизнеса.

4. Модель самооценки качества управления инновационной деятельностью должна содержать динамику, которая позволяет наращивать инновации, молодым ученым создавать старт-апы, коммерциализировать НИОКР. Участие вузов в конкурсах на грантовое, программно-целевое финансирование, получение заказа на подготовку кадров для инновационных производств усиливает научную составляющую вуза. Критерий инновационности научно - образовательного процесса исследовательского университета должен иметь высокую планку. Для этого необходимо усилить механизмы стимулирования научного поиска, чтобы индикаторы международного и национального признания университета академической средой приняли устойчивый характер. В конечном счете, администрация университета должна осознать необходимость формирования корпоративной культуры вуза, где создается инновационная экосистема.

**Список литературы / References**

1. Славин Б.Б. Экспертные сети: международный опыт и тренды развития после кризиса/ Б.Б. Славин // Открытые системы. – 2014. –№ 7. – С.37.

2. Крылов А. Н. Коммуникационный менеджмент. Теория и практика взаимодействия бизнеса и общества/ А. Н. Крылов // 2-е изд. – М.: Издательство «ИКАР». – 2015. – С.104.

3. Aghion P. Academic freedom, private sector focus, and the process of innovation / P. Aghion, M. Dewatripont, J. Stein // The RAND Journal Economics. – 2008. – vol. 39. Iss. 3. – P. 617-635.

4. Guerrero M. Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom / M. Guerrero, J.A. Cunningham, D. Urbano // Research Policy. – 2015. – vol. 44. Iss. 3. – P. 748-764.

5. Chesbrough, H. W. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology/ H. W. Chesbrough. Cambridge MA.: Harvard Business School Publishing, 2003.- 227 p.

6. Harvey, L. Democratising quality EUA / L. Harvey // Trends in Quality Assurance: The materials of 3 Quality Assurance Forum (Budapest, 20 – 22 November 2008). - Corvinus University of Budapest. - Budapest, 2008.

7. Yorke, M. This Way QA? / M. Yorke // Quality Assurance in Education. - 1997. -№ 5 (2). - P. 14-24.

8. Горбашко Е. Обеспечение качества высшего образования: перспективы развития / Е. Горбашко, С. Шендерова // Стандарты и качество. – 2008. – № 11. – С. 68 – 72.

9. Болонский процесс: 2007-2009. Между Лондоном и Левеном [Text] /под ред. В. И. Байденко. – Астана: НКАОКО, 2010. – 302 с.

10. Тотальный менеджмент качества в высшем образовании: учебное пособие / Ш. М. Каланова, В. К. Бишимбаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Астана, Фолиант, 2006. – 476 с.

11. Guidelines for ENQA agency reviews. [Электронный ресурс]: Occasional papers 24 // European Association for Quality Assurance in Higher Education. Brussels, Belgium, 2016. URL: http://www.enqa.eu/index.php/publications/papers-reports/occasional-papers (Дата обращения: 08.09.2017).

12. Нурашева К.К. Модель внутренней системы гарантии качества: опыт ЮКГУ им.М.Ауэзова. / К.К. Нурашева, В.П. Бондаренко, Г.Ш. Омашева / Журнал «Наука и образование Южного Казахстана». – 2011. – №4. – С.28 – 33.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Slavin B.B. Jekspertnye seti: mezhdunarodnyj opyt i trendy razvitija posle krizisa [Expert networks: international experience and development trends after the crisis] / B.B. Slavin // Otkrytye sistemy [Open systems]. – 2014. –№ 7. – P.37. [in Russian]

2. Krylov A. N. Kommunikacionnyj menedzhment. Teorija i praktika vzaimodejstvija biznesa i obshhestva [Communication management. Theory and practice of interaction between business and society] / A. N. Krylov// 2-nd edition. – M.: Izdatel'stvo «IKAR» [Publishing house "IKAR"]. – 2015. – P.104. [in Russian]

3. Aghion P. Academic freedom, private sector focus, and the process of innovation / P. Aghion, M. Dewatripont, J. Stein // The RAND Journal Economics. – 2008. – vol. 39. Iss. 3. – P. 617-635.

4. Guerrero M. Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom / M. Guerrero, J.A. Cunningham, D. Urbano // Research Policy. – 2015. – vol. 44. Iss. 3. – P. 748-764.

5. Chesbrough, H. W. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology/ H. W. Chesbrough. Cambridge MA: Harvard Business School Publishing, 2003.- 227 p.

6. Harvey, L. Democratising quality EUA / L. Harvey // Trends in Quality Assurance: The materials of 3 Quality Assurance Forum (Budapest, 20-22 November 2008). - Corvinus University of Budapest. - Budapest, 2008.

7. Yorke, M. This Way QA? / M. Yorke // Quality Assurance in Education. - 1997. -№ 5 (2). - P. 14-24.

8. Gorbashko E. Obespechenie kachestva vysshego obrazovaniya: perspektivy razvitiya [Quality assurance of higher education: prospects for development] / E. Gorbashko, S.Shenderova // Standarty i kachestvo [Standards and quality]. – 2008. - № 11. - P. 68 -72 [in Russian]

9. Bolonskiy protsess: 2007-2009. Mezhdu Londonom i Levenom /ed red. V. I. Baydenko [The Bologna process: 2007-2009. Between London and Leuven, ed. V. I. Baydenko], - Astana: NKAOKA [Independent Kazakh Agency for Quality Assurance in Education], 2010. - 302 p. [in Russian]

8. Kalanova S. M. Totalnyi menedzhment kachestva v vysshem obrazovanii: uchebnoe posobie [The total management of quality in higher education: textbook] / S. M. Kalanova, V. K.Bishimbayev / -2-nd edition revised and expanded.-2006. - Astana, Foliant, 476 p. [in Russian]

9. Guidelines for ENQA agency reviews. [Электронный ресурс]: Occasional papers 24 // European Association for Quality Assurance in Higher Education. Brussels, Belgium, 2016. Available at: URL: http://www.enqa.eu/index.php/publications/papers-reports/occasional-papers (Accessed: 08.09.2017).

10. Nurasheva K.K. Model vnutrennei sistemy garantii kachestva: opyt YKGU [The model of the internal quality assurance system: the experience of M.Auezov SKSU] / K.K. Nurasheva, V.P. Bondarenko, G.Sh.Omasheva / Zhurnal «Nauka i obrazovanie Juzhnogo Kazahstana» [Journal of Science and Education of Southern Kazakhstan]. - 2011, № 4. - P. 28-33 [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.155**

**Векшина А.А.[1], Векшина О.И.[2]**

[1]Студент экономического факультета, [2]научный руководитель, кандидат экономических наук, доцент,
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ОТРАСЛИ

***Аннотация***

*В статье рассмотрены производственно-технологические аспекты хлебопекарной отрасли и их влияние на организацию и место управленческого анализа на коммерческих предприятиях. Предложены методологические аспекты по калькулированию себестоимости хлебобулочной продукции с учетом отраслевой специфики. Отмечена важность составления внутренних форм управленческой отчетности для проведения аналитических процедур. Даются рекомендации по совершенствованию работы аналитических служб предприятий хлебопекарной отрасли.*

**Ключевые слова:** управленческая деятельность, производственные нормативы, затраты, себестоимость, калькулирование.

**Vekshina A.A.[1], Vekshina O.I.[2]**

[1]Student of economics department,[2]PhD in Economics, Associate Professor,
P.G. Demidov Yaroslavl State University

## PECULIARITIES OF MANAGEMENT ANALYSIS ORGANIZATION AT THE ENTERPRISES OF BAKERY INDUSTRY

***Abstract***

*The article considers the production and technological aspects of the bakery industry and their impact on the organization and place of management analysis at commercial enterprises. Methodological aspects for calculating the cost price of bakery products are proposed, taking into account industry specificity. The importance of drawing up internal forms of management reporting for conducting analytical procedures was noted. Recommendations on improving the work of analytical services of the bakery industry are given.*

**Keywords**: administrative activity, production standards, expenses, cost, calculation.

Совершенствование системы управления организаций, в том числе хлебопекарной отрасли должно затрагивать сферу управленческого анализа, в рамках которого осуществляется своевременное получение более полной информации о технологических процессах и результатах хозяйственной деятельности коммерческой организации. Элементы, отражающие специфику хлебопекарного производства, которые необходимо учитывать при организации и проведении управленческого анализа, представлены на рисунке 1.

Первой отличительной чертой хлебопекарной отрасли отмечено жесткое соблюдение рецептур и использование нормативов по расходу сырья на производство [4, С. 12]. Для верного учета нормативов по использованию сырья необходимо рассчитать выход готовой продукции («припек»), который показывает, во сколько раз происходит

увеличение массы готовой продукции по сравнению с израсходованным на её изготовление количеством сырья (муки). Стоит отметить, что норма выхода хлебобулочных изделий, согласно технологическим инструкциям, устанавливается на базисную влажность муки 14,5 %.

В зависимости от параметров окружающей среды влажность муки может отклоняться от установленной нормы. Существует обратная связь между изменением влажности муки и массы хлеба. Изменение влажности муки на 1 % изменяет выход хлеба на 1,5 – 1,8 %.

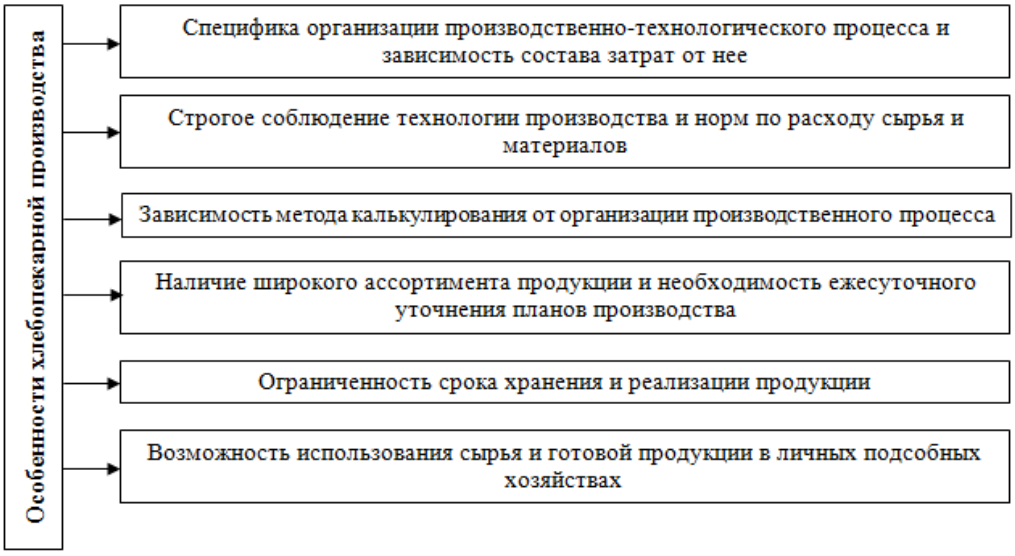



Рис. 1 – Особенности хлебопекарной отрасли, оказывающие влияние на организацию управленческого анализа

Сопоставление плановых нормативов с фактическими расходами муки и выходом готовой продукции по итогам отчетного периода осуществляется в результате составления форм управленческой отчетности, на основе которых делаются следующие выводы: о существовании экономии или перерасхода по сырью и материалам за период; о соблюдении технологий для выпуска продукции нужного качества.

Следующая черта хлебопекарного производства заключается в зависимости состава затрат от специфики организации производственного процесса. Цикл в производстве хлебобулочной продукции формируется из нескольких технологических фаз, и отличается краткостью (занимает несколько часов) и повторяемостью (загружается примерно одно и тоже количество производственных мощностей одинаковыми объемами сырья). Данные характеристики технологического процесса оказывают влияние на расчет себестоимости хлебобулочных изделий, который организуется на предприятии с помощью попередельного метода калькулирования [9]. В общем случае производственно-технологический процесс производства хлеба состоит из пяти этапов: подготовка сырья, изготовление теста, разделка теста, выпечка, охлаждение готовых изделий и их сортировка. Расчет себестоимости готовой продукции предполагает дальнейшее распределение выделенных этапов по переделам. Возможный вариант распределения этапов (фаз) производственного цикла на предприятиях хлебопекарной отрасли наглядно представлен на рисунке 2.

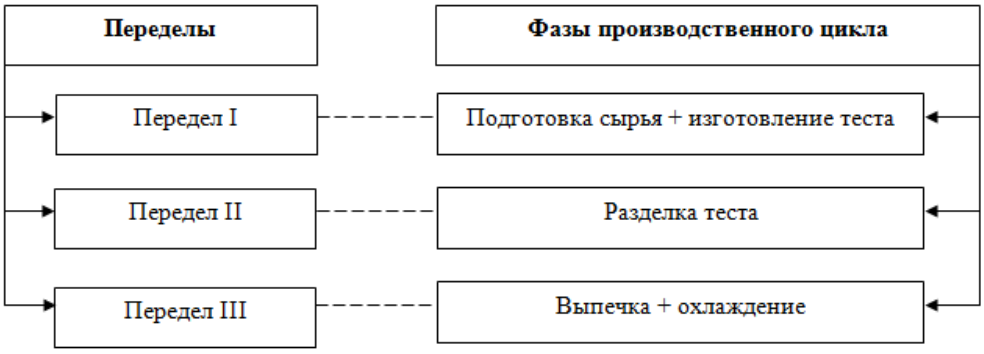



Рис. 2 – Вариант группировки фаз производственного цикла по переделам на хлебопекарном предприятии

В экономической литературе принято выделять два метода попередельного калькулирования: бесполуфабрикатный и полуфабрикатный [6, С. 114]. При использовании на предприятии полуфабрикатного метода себестоимость конечной продукции определяется как сумма значения себестоимости всех полуфабрикатов и затрат последнего предела, что приводит к неоправданному завышению себестоимости выпускаемой продукции в результате повторного включения в нее одних и тех же затрат. На основании этого, при исчислении себестоимости рекомендуется использовать бесполуфабрикатный метод, который предполагает, что себестоимость готовой продукции определяется как сумма затрат всех переделов [5, С. 55].

Преимущество попередельного метода при организации управленческого анализа на предприятии заключается в возможном определении норматива по каждому переделу и оперативному выявлению возникших отклонений себестоимости продукции.

При планировании и разработке бюджетов для переделов, выделенных на предприятиях хлебопекарной отрасли, существуют следующие особенности. Во-первых, классификация затрат на постоянную и переменную часть может осуществляться не по традиционным подходам. Согласно Методическим рекомендациям [1] к переменным расходом в частности относятся затраты на технологическое топливо и энергию. Однако данный методический аспект рекомендуется пересмотреть и затраты на потребляемое в процессе производства хлебопекарной продукции топливо относить к условно-постоянным затратам. Это связано с тем, что используемое в процессе производства топливо и энергия не зависят от объема производимой продукции, так как время выпекания и температурный режим остаются постоянными при любой загрузке печей. Данный факт стоит учитывать при использовании маржинального подхода к анализу затрат в рамках разработки мер по мобилизации резервов производства. Во-вторых, планирование смет прямых трудовых затрат предусматривает применение сдельной бригадной формы оплаты труда. Как правило, аналитические службы хлебопекарных предприятий не устанавливают норм трудоемкости изделия в нормо-часах, и расчет заработной платы осуществляется по сдельным расценкам на единицу продукции [9].

Широкий ассортимент хлебобулочной продукции формирует большое число объектов калькулирования, по которым требуется рассчитать оптовую цену готовой продукции. При разработке бюджетов аналитическая служба предприятия должна учитывать нестабильный спрос на ряд ассортиментных групп. В связи с этим возникает необходимость ежедневной оценки плана производства по ассортиментным позициям и (или) по объему в зависимости от суточных размеров заказов сбытовых организаций.

Перевыполнение плана по ассортименту и объему может вызвать образование значительных остатков готовой продукции на складах. В данной отрасли это приводит к увеличению отходов, так как хлебобулочная продукция имеет ограниченный срок хранения и реализации. Для минимизации данных потерь на предприятии должны быть сформированы центры ответственности, которые аккумулируют сведения об остатках продукции во внутренних формах отчетностях. Среди остатков (отходов) готовой продукции в хлебопекарном производстве выделяют возвратные отходы, например, черствый хлеб из нераспроданных партий. Однако с 1 июня 2017 года в результате принятого решения Ассоциацией компаний розничной торговли (АКОРТ) поставщики прекращают выкупать весь нераспроданный хлеб у магазинов (входящих в АКОРТ), а, следовательно, нести расходы, покрытие которых вынуждало предприятия осуществлять дальнейшую переработку возвратных хлебопродуктов.

Проблема повышенного уровня хищений на хлебопекарных предприятиях, связана с возможным использованием сырья и материалов в личных подсобных хозяйствах. В связи с этим появляется необходимость контроля движения запасов по центрам ответственности.

Таким образом, заинтересованность хлебопекарных предприятий в постоянном росте прибыли требует четко налаженной и оперативной системы внутреннего управления. Изучение отраслевой специфики позволило выявить аспекты, которым следует придать акцент при проведении управленческого анализа, а именно на соблюдении технологии производства и выполнении норм по расходу сырья и материалов.

**Список литературы / References**

1. Методические рекомендации по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на хлебопекарных предприятиях: метод. указания : [утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия РФ от 12.01.2000 г.] // СПС КонсультантПлюс.

2. Вахрушина М. А. Управленческий анализ / М. А. Вахрушина. – М.: Омега-Л, 2010. – 399 с.

3.Волкова О. С. Целевое ценообразование как инструмент стратегического управления затратами / О. С. Волкова // Экономический анализ: теория и практика. – 2006. - № 7. – С. 41-45.

4. Долгих Т.С. Совершенствование организации управленческого учета на хлебопекарных предприятиях. : автореф. дис. . канд. эк. наук : 08.00.12 / Т.С. Долгих. – Оренбург, 2011.- 24 с.

5. Ерохина О. С. Обоснование метода учета затрат на производство и калькулирования себестоимости продукции в системе управления затратами. / О. С. Ерохина, Т. В. Федорович // Проблемы учета и финансов. – 2012. – №2 (6). – С. 51-58.

6. Карпова Т.П. Управленческий учет: Учебник для вузов / Т.П. Карпова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 352 с.

7. Краус С. В. Современное состояние хлебопечения в России / С. В. Краус // Хлебопродукты. – 2016. – № 1. – С. 12-13.

8. Кузьмина М. С. Учет затрат, калькулирование и бюджетирование в отрослях производственной сферы / М. С. Кузьмина – М.: Кнорус, 2016. – 248 с.

9. Хлебопекарное производство // данные портала Бухгалтерский учет. Налоги. Аудит. [Электронный ресурс] URL: https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a101/43798.html (дата обращения 02.09.2017).

10. Чая В. Т. Управленческий анализ / В. Т. Чая, Н. И. Чупахина. – М.: Рид Групп, 2011. – 448 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Metoditcheskie recomendacii po planirovaniju, uchety i cal'culirovaniju sebestoimosti produkcii na hlebopekarnyh predprijatijah [Methodical recommendations on planning, accounting and calculation of production costs at bakery enterprises] : methodical recommendations : [accepted by the Ministry of Agriculture and Food of Russia on 12.01.2002]. [in Russian]

2. Vahrushina M. A. Upravlencheskij analiz [Management analysis] / M. A. Vahrushina. – M.: Omega-L, 2010. – 399 p. [in Russian]

3. Volkova O.S. Celevoe cenoobrazovanie kak instrument strategicheskogo upravlenija zatratami. [Target pricing as the tool of strategic cost management] / O.S. Volkova // Jekonomicheskij analiz: teorija i practica [Economic Analysis: Theory and Practice]. – 2006. - № 7. – P. 41-45. [in Russian]

4. Dolgih T.C. Sovershenstvovanie organizacii upravlencheskogo ucheta na hlebopekarnyh predprijatijah ]: avtoref. dis. . kand. jekonom. nauk : 08.00.05 [Improving the management accounting at the bakery enterprises] : PhD thesis : 08.00.12 / T.S. Dolgih. – Orenburg, 2011. – 24 p. [in Russian]

5. Erohina O.S. Obosnovanie metoda ucheta zatrat na proizvodstvo i cal'culirovanija sebestoimosti produkzii v sisteme upravlenija zatratami [Substantiation of the accounting method and the cost allocation of production in the cost management system] / O.S. Erohina, Fedorovich T.V. // Problemy ucheta i finansov [Problems of Accounting and Finance]. – 2012. – №2 (6). – P. 51-58. [in Russian]

6. Karpova T.P. Upravlencheskij uchet. Ychebnik dlja vusov. [Management accounting. Textbook for high schools] / T.P. Karpova – M. : JNITA-DANA, 2012. – 352 p. [in Russian]

7. Kraus S. V. Sovremennoe sostojanie hlebopechenija v Rossii [The current state of the bakery in Russia] / S.V. Kraus // hleboproducty [Bakery products]. – 2016. – № 1. – P. 12-13. [in Russian]

8. Hlebopekarnoe proizvodstvo [Bakery production] // Dannye portala Buhdalterskij uchet. Nalogi. Audit. [date of the Accounting. Tax. Audit. [Electronic recourse] URL: https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a101/43798.html (accessed 02.09.2017). [in Russian]

9. Kuzmina M. S. Uchet zatrat, cal'culirovanie i budzhetirovanie v otrosljah proizvodstvennoj sfery. [Cost accounting, calculation and budgeting in the manufacturing industries] / M. S. Kuzmina. – M. : Knorus, 2016. – 248 p. [in Russian]

10. Chaja V.T. Upravlencheskij analiz [Management analysis] / V.T. Chaja, N.I. Chupachina. – M. : Rid Grup, 2011. – 448 p. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.089**

**Волохов А.А**

Менеджер по маркетингу, компания ООО «Холидей Сервис»

## ИНТЕРНЕТ – ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ КОММУНИКАЦИИ КОМПАНИИ С ПОТРЕБИТЕЛЕМ

***Аннотация***

*Техническое развитие, развитие коммуникативных свойств, а также широкая распространённость Интернета – делает использование этого канала коммуникации с потребителем обязательным для современных компаний. В данной работе произведен анализ способов взаимодействия в Интернете. Понимание ряда специфических свойств, которые необходимо учитывать и применять в Интернет-коммуникации с потребителями, а также понимание целевой аудитории, дает возможность компаниям повышать эффективность исходящих маркетинговых сообщений.*

**Ключевые слова:** Развитие Интернета, Интернет-маркетинг, Интернет-коммуникация, привлечение клиентов.

**Volokhov A.A.**

Marketing Manager, LLC Holiday Service

## INTERNET AS AN OBLIGATORY COMMUNICATION CHANNEL OF A COMPANY WITH A CONSUMER

***Abstract***

*Technical development and the development of communicative properties, as well as the widespread prevalence of the Internet, make this channel of communication with the consumer obligatory for modern companies. In this paper, we analyze the ways of interaction on the Internet. Understanding a number of specific properties that need to be considered and applied in Internet communications with consumers and understanding the target audience enables companies to improve the efficiency of outgoing marketing messages.*

**Keywords:** development of the Internet, Internet marketing, Internet communication, attracting customers.

Интернет стал неотъемлемой частью жизни современного человека. Ежедневно люди используют Интернет для коммуникации и поиска необходимой информации. Количество пользователей Интернета увеличивается в геометрической прогрессии, а сама сеть становится доступной для разных слоёв общества.

По данным опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения, по состоянию на октябрь 2014 г., ежедневно сетью Интернет пользовались 46% или 53,6 млн взрослых россиян.[7] Повторно проведенное исследование 24 апреля 2017 г. показало, что уже 55% из опрошенных пользуются Интернетом ежедневно.[8]

Сеть Интернет – это глобальное информационно-коммуникативное пространство, которое служит физической основой для веб-систем передачи данных, что определяет два уровня его исследования: коммуникационный (технический аппаратный и технологический программный) и коммуникативный.[2, С. 60.]

Рассматривая интернет с коммуникативной стороны, необходимо отметить, что область использования Интернет-коммуникаций в настоящее время существенно расширилась. Изначально возникнув как система для передачи коротких сообщений между весьма немногочисленными устройствами, сеть Интернет переросла в средство массовой коммуникации между пользователями по всему миру.[6, С. 74.]

Актуальность данной работы определяется развивающимися коммуникативными свойствами Интернета, которые вносят принципиальные изменения к подходу коммуникации между пользователями и компаниями.

Развитие коммуникативных свойств и инструментов в сети Интернет требуют от компании нового взгляда на происходящие процессы взаимодействия и пересмотра используемых методик коммуникации.

Коммуникация в сети Интернет представляет собой полноценный виртуальный канал, дающий возможность полностью удовлетворить разнообразные потребности пользователя от поиска информации до покупок необходимых вещей. Условия взаимодействия в виртуальной сети Интернет отличаются от условий общения в реальном мире. Главной отличительной чертой Интренет-коммуникации является анонимность пользователя, также физическая не представленность и ограниченный чувственный опыт. Все эти особенности приводят к некоторому равноправию участников коммуникации, что делает коммуникацию менее формальной. [10]

Интернет, как канал коммуникаций, обладает следующим рядом свойств:

• Мультимедийность – возможность сопровождения взаимодействия с пользователями звуковыми и визуальными эффектами;

• Персонализация – создание контента для определенных сегментов целевой аудитории, находящихся на любом уровне заинтересованности;

• Интерактивность – возможность активного вовлечения пользователей во взаимодействие с производимым контентом;

• Отсутствие посредников – возможность прямого доступа ко всей имеющейся информации;

• Независимость от времени – круглосуточная доступность к информационным ресурсам, не зависящая от часового пояса;

• Независимость от места – отсутствие географических барьеров для пользователей, ищущих информацию, и для пользователей, создающих популярный контент;

С развитием компьютеров и средств связи, можно сказать, что сеть Интернет – это не только место, которое ограничивается передачей и обработкой потока информации между пользователями. Интернет также благотворен для создания новых бизнес-проектов и обязателен для уже существующих компаний во взаимодействии с широкими слоями населения.

С глобальной интернетизацией деление на реальный «оффлайн» мир и Интернет-мир «онлайн» можно считать условным. Сегодня мы располагаем инфраструктурой, огромной емкостью процессоров, запоминающих устройств и технологиями – мобильными, облачными, что позволяет найти новые сферы применения и возможности ведения бизнеса.[2, С. 8.] Как следствие, существующие приемы маркетинга и методы ведения бизнеса в большинстве случаев не могут быть применимы в Интернет-пространстве без соответствующей модификации.

Интернет каналы, как способ связи с целевым потребителем, начинают занимать доминирующую позицию в маркетинговых коммуникациях современных компаний. Отрасль электронной коммерции, связанная с цифровой рекламой и услугами по развитию собственных каналов компаний, показывает наибольшую динамику роста. Опережающими темпами развивается рынок цифровой (digital) рекламы. [5, С. 91.] По данным Ассоциации коммуникационный агентств России (АКАР) в 2016г. Интернет показал 21% роста, объем этого канала достиг 136 млрд. руб. [9]

Для поддержания конкурентоспособности на рынке в нынешних условиях для компании просто наличие Интернет-сайта недостаточное условие. Отсутствие Интернет каналов, такие как: email-маркетинг, контекстная реклама, контент маркетинг и SMM — это уже большой пробел в коммуникации с потребителями. Компаниям необходима также налаженная система управления взаимоотношениями с клиентами CRM и онлайн продвижение.

Перечисленные Интернет-каналы при правильной настройке являются эффективным инструментом для передачи информации от компаний к пользователю. Эффективность работы интернет-каналов можно и необходимо рассчитать. [10]

В большинстве случаев интернет-канал – это путь, по которому движется пользователь. Весь пользовательский трафик компании могут направлять на контролируемые медиа, к которым относятся: корпоративные сайты, блоги, страницы, группы и представительства в социальных сетях.

Использование контролируемых медиа дает возможность компаниям общаться напрямую с целевой аудиторией. Официальное представительство в социальных медиа – отличная возможность заявить о себе, делится с клиентами актуальной и интересной информацией, консультировать их и получать обратную связь. [4, С. 67.] Компании контролируют процесс коммуникации и, тем самым в точности доводят маркетинговое сообщение до целевой аудитории.

Маркетинговые сообщения или собственный контент компании способствует вовлечению клиентов на всех стадиях взаимодействия с ними.[3, С. 27.] Формула успешной коммуникации в Интернете на контролируемых собственных площадках — это качество контента плюс его количество, умноженные на частоту публикаций и деленные на понимание целевой аудитории.

Необходимое понимание целевой аудитории и ответы на вопросы: «Кому и какое сообщение адресуется», могут предоставить исследовательские агентства и самостоятельное изучение данного вопроса.

Качественный и количественный состав пользователей, их потребности, желания, предпочтения можно установить путем изучения запросов пользователей в открытых данных поисковых систем, а модель поведения и многое другое можно почерпнуть из систем аналитик установленных на собственном сайте.

Внедрение и использование Интернет-коммуникаций в маркетинговой стратегии компаний – это обязательное условие существования бизнеса в настоящее время. А понимание особенностей процессов коммуникации в Интернете и знание целевой аудитории, дает возможность компаниям повышать эффективность маркетинговых сообщений.

Интернет – современный канал коммуникации. Каждая компания имеет возможность самостоятельно выбирать и развивать каналы коммуникации, исходя из маркетинговой стратегии. В цифровую эпоху бизнес должен использовать все возможности Интернет-пространства, чтобы находить потенциальных клиентов, заинтересовывать и приносить пользу покупателям.

Использование Интернет-коммуникации приносит также материальную выгоду для бизнеса. Пользуясь цифровой особенностью этого канала, у каждой компании есть возможность рассчитать величину прибыли или убытка используемого канала коммуникации. Эффективность Интернет-маркетинга можно рассчитать с помощью коэффициента рентабельности инвестиций – ROI.

Расчет рентабельности инвестиций в разработанной мною стратегии e-mail маркетинга при внедрении в коммуникационную стратегию организации показл коэффициент – 2400%. Т.е. на каждый вложенный рубль в e-mail кампанию компания заработала 24Р. Что безусловно является хорошим показателем и служит мотиватором к внедрению и совершенствованию как e-mail маркетинга, так и комплекса Интернет-каналов коммуникации в целом.

**Список литературы / References**

1. Глэсс Р. Торговля 4.0. Цифровая революция в торговле: стратегии, технологии, трансформация / Глэсс Р., Бернд Л. – М. : Альпина, 2017. – С. 7-10.
2. Каррыев Б. С. Хроники ИТ-революции. / Б.С. Каррыев. – Издательские решения. М. : 2016. – С. 143.
3. Ли О. – Продающий контент, Как связать контент-маркетинг, SEO и социальные сети в единую систему / Ли О. – М. : МИФ, 2013. С. 103-108.
4. Манн И. Фидбек – Получите обратную связь. / Манн И. Золина Е. – М.: МИФ, 2015. 204с.
5. Ромат Е., Маркетинговые коммуникации : учеб. для ВУЗов / Ромат Е., Сендеров Д. – М. : Питер, 2017. 125с.
6. Успенский И.В. – Интернет-маркетинг. Взаимодействие с индивидуальными потребителями: учеб. пособие / Успенский И.В. – СПб.: СПГУЭиФ, 2005. 197с.
7. База социологических данных ВЦИОМ [Электронный ресурс] – 2016 – URL: http://bit.ly/2xZ46PD (дата обращения 29.08.2017).
8. База социологических данных ВЦИОМ [Электронный ресурс] – 2017 – URL: http://bit.ly/2xY7Svb (дата обращения 04.09.2017).
9. Adindex. Сайт о рекламе и маркетинге в России и мире [Электронный ресурс] – 2017 – URL: https://adindex.ru/news/researches/2017/03/21/158712.phtml (дата обращения 15.09.2017).
10. Seo-wikipedia. Эффективность интернет рекламы. [Электронный ресурс] – 2017 – URL: https://seo-wikipedia.org/effect-internet-reklami/ (дата обращения 15.09.2017).

**Список литературы / References in English**

1. Glass R. Torgovlia 4.0. Tsifrovaya revoliutsiya v torgovle: strategii, tekhnologii, transformatsiya [Trading 4.0. Digital Revolution in Trade: Strategy, Technology, Transformation] / Glass R., Bernd L. - M.: Alpina, 2017. - P. 7-10. [In Russian]
2. Karryev B. S. Khroniki IT-revoliutsii. [Chronicles of the IT Revolution] / B.S. Karryev. - Publishing Solutions. M.: 2016. - P. 143. [In Russian]
3. Lee O. – Prodaiushchii kontent, kak sviazat kontent-marketing, SEO i sotsialnye seti v edinuyu sistemu [Marketing Content, How to Link Content Marketing, SEO and Social Networks into a Single System] / Ли Lee O. – M. : MIF, 2013. P. 103-108. [In Russian]
4. Mann I. Fidbek – Poluchite obratnuyu sviaz. [Feedback - Get Feedback.] / Mann I. Zolina E. - M.: MIF, 2015. 204p. [In Russian]
5. Romat E., Marketingovye kommunikatsii : ucheb. dlia VUZov [Marketing Communications: Textbook for High Schools] / Romat E., Senderov D. - M.: Piter, 2017. 125p. [In Russian]
6. Uspenskii I.V. – Internet-marketing. Vzaimodeistvie s individualnymi potrebiteliami: ucheb. posobie [Internet Marketing. Interaction with Individual Consumers: Textbook.] / Uspensky I.V. - SPb.: SPGUEiF, 2005. 197p. [In Russian]
7. Baza sociologicheskikh dannykh VTSIOM [Database of Sociological Data of the All-Russian Public Opinion Research Centre] [Electronic resource] – 2016 – URL: http://bit.ly/2xZ46PD (accessed date 08/29/2017). [In Russian]
8. Baza sociologicheskikh dannykh VTSIOM [Electronic resource] – 2017 – URL: http://bit.ly/2xY7Svb (accessed date 09/04/2017). [In Russian]
9. Adindex. Sait o reklame i marketinge v Rossii i mire [Website about Advertising and Marketing in Russia and the World] [Electronic resource] – 2017 – URL: https://adindex.ru/news/researches/2017/03/21/158712.phtml (accessed date 09/15/2017). [In Russian]
10. Seo-wikipedia. Effektivnost Internet reklamy. [Efficiency of Internet Advertising] [Electronic resource] – 2017 – URL: https://seo-wikipedia.org/effect-internet-reklami/ (accessed date 09/15/2017). [In Russian]

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

ПРИМЕР DOI:
*10.18454/IRJ.2015.0001*

***(Digital Object Identifier)** — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.*

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.149**

**Готфрид А.С.**
Аспирант,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет»

# ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ВХОДЯЩИХ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

***Аннотация***

*В статье рассматриваются методы анализа входящих финансовых потоков коммерческого банка. Входящие финансовые потоки коммерческого банка играют ключевую роль в дальнейшей деятельности банка. Их структура, скорость обращения, объемы влияют на структуру, скорость обращения и объемы исходящих финансовых потоков (например, выдача кредитов физическим и юридическим лицам). Так как большую долю в структуре входящего финансового потока банка составляют привлеченные средства физических и юридических лиц (размещение депозитов), то именно анализу депозитного портфеля следует уделять особое внимание. Различные методы анализа депозитного портфеля банка позволяют выявить факторы, влияющие на его объем, отследить зависимость объема от этих факторов, выявить причины снижения или увеличения объема депозитного портфеля. В дальнейшем информация, полученная в процессе применения различных методов анализа может быть использована для корректировки депозитных программ банка, внедрения новых продуктов привлечения денежных средств с целью достижения сбалансированности депозитного портфеля банка.*

*В данной статье представлены конкретные примеры использования методов факторного анализа, метода регрессионного анализа, ABC- и XYZ-анализа, а также рассмотрена возможность применения метода регрессионного анализа для анализа депозитного портфеля коммерческого банка.*

**Ключевые слова**: коммерческий банк, входящие и исходящие финансовые потоки банка, логистический подход к управлению финансовыми потоками, планирование и прогнозирование, факторный анализ, метод регрессионного анализа, ABC-анализ, XYZ-анализ.

**Gottfried A.S.**
Postgraduate Student,
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Tver State University”

# TECHNOLOGY OF ANALYSIS OF INCOMING FINANCIAL FLOWS OF THE COMMERCIAL BANK

***Abstract***

*The article considers methods of analyzing incoming financial flows of a commercial bank. Incoming financial flows of a commercial bank play a key role in the future activities of a bank. Their structure, speed of circulation and volume affect the structure, speed of circulation and volume of outgoing financial flows (for example, loans to individuals and legal entities). Since the largest part of the incoming financial flow of the bank is comprised of attracted funds of individuals and legal entities (placement of deposits), it is the analysis of the deposit portfolio that should be paid special attention to. Various methods of analyzing the bank’s deposit portfolio allow identifying the factors that affect its volume, track the dependence of the volume on these factors and identify the reasons for the decline or increase in the volume of the deposit portfolio. In the future, information obtained through the application of various analysis methods can be used to adjust deposit programs of the bank and the introduction of new products to attract funds in order to achieve balance of the bank’s deposit portfolio.*

*This article presents specific examples of the use of methods of factor analysis, the regression analysis method, ABC and XYZ analysis and the possibility of using the regression analysis method for the analysis of the commercial bank deposit portfolio.*

**Keywords**: commercial bank, incoming and outgoing financial flows of the bank, logistics approach to managing financial flows, planning and forecasting, factor analysis, regression analysis, ABC analysis, XYZ analysis.

Логистический подход к управлению финансовыми потоками коммерческого банка подразумевает обеспечение новых банковских продуктов в нужное время, в необходимом количестве, необходимого качества, в нужном месте, с минимальными затратами [1, С. 23]. Для выполнения поставленной задачи в логистике используется большое количество методов. Применение того или иного метода зависит не только от анализируемого временного периода (оперативный, стратегический) и от направленности метода (на каком этапе управления он применяется) [2, С. 80].

Существует множество подходов к выделению этапов управления финансовыми потоками. На наш взгляд, наиболее точно и наглядно он представлен в работе Е.П. Пешковой (рис. 1).

Рис. 1 – Спиральная модель реализации этапов управления финансовыми потоками [3, С. 24].

⟶ – направление реализации этапов управления финансовыми потоками;

- - ▸ – последовательность реализации каждой функции управления финансовыми потоками;

1–12 – этапы реализации управления финансовыми потоками.

Важным этапом управления финансовыми потоками банка является прогнозирование. От точности и достоверности прогнозов зависит эффективность деятельности банка, правильная постановка целей, задач, формирование стратегии.

Прогнозирование движения, объемов финансовых потоков банка, времени их использования позволяет банку определять соотношения между активами и пассивами, качественно и эффективно осуществлять свою деятельность.

Реализация такого этапа управления финансовыми потоками банка как прогнозирование основана на применении экономических, статистических, математических и иных методов. В большинстве случаев прогнозирование финансовых потоков можно осуществлять на основании финансовых показателей, полученных в предыдущем периоде [4].

Ниже рассмотрим возможность применения различных методов анализа депозитного портфеля банка с целью использования полученных в результате анализа данных для дальнейшего прогнозирования входящего финансового потока, но для начала необходимо знать, что же понимается под входящим финансовым потоком банка.

Среди банковских операций можно выделить пассивные (например, размещение депозитов) и активные (в частности, выдача кредитов) операции. Размещенные финансовые ресурсы физических и юридических лиц в депозиты являются основой входящего финансового потока банка [5]. Привлеченные депозиты играют для банка почти ту же роль, что и материальные ресурсы для промышленного предприятия [6]. С помощью депозитной логистики закладывается фундамент для дальнейшей деятельности банка по эффективному размещению финансовых ресурсов, трансформации их в каптал, получению доходов и извлечению прибыли [7, с. 131]. Именно поэтому особое внимание кредитные организации уделяют прогнозированию депозитного портфеля, которое может осуществляться посредством применения различных методов анализа его структуры, характеристик, влияющих факторов и т.д.

Одним из таких методов, на наш взгляд, является факторный анализ, позволяющий выявить наиболее важные факторы, влияющие на формирование финансового потока в прошлом периоде. В качестве примера рассмотрим применение факторного анализа депозитного портфеля коммерческого банка, сформированного за счет вкладов физических лиц (таблица 1).

Таблица 1 – Пример факторного анализа депозитного портфеля коммерческого банка

| | Обозначение | 2015 | 2016 | Отклонение | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Абсолютное | Относительное, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | S=4–3 | б=S:3×100% |
| Объем депозитного портфеля, тыс. руб. | x | 29920 | 23560 | -6360 | -21,3 |
| Количество вкладчиков | a | 34 | 38 | 4 | 11,8 |
| Средняя процентная ставка по вкладу | b | 11 | 10 | -1 | -9,1 |
| Средняя сумма вклада, тыс. руб. | c | 80 | 62 | -18 | -22,5 |

x= abc

| | |
|---|---|
| $x_0 = a_0b_0c_0 = 29920$ | $\Delta x_a = x_{01} - x_0 = 3520$ |
| $x_{01} = a_1b_0c_0 = 33440$ | $\Delta x_b = x_{02} - x_{01} = -3040$ |
| $x_{02} = a_1b_1c_0 = 30400$ | $\Delta x_c = x_1 - x_{02} = -6840$ |
| $x_1 = a_1b_1c_1 = 23560$ | $\Delta x = x_1 - x_0 = -6360 = \Delta x_a + \Delta x_b + \Delta x_c = -6360$ |

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) Увеличение количества вкладчиков привело к росту объема депозитного портфеля на 3520 тыс. руб.
2) Снижение процентной ставки привело к снижению объема депозитного портфеля на 3040 тыс. руб.
3) В связи с уменьшением средней суммы вклада объем депозитного портфеля сократился на 6840 тыс. руб.
4) В целом объем депозитного портфеля сократился на 6360 тыс. руб. в 2016 г. по сравнению с 2015 годом.

Полученные числовые показатели не являются истинными. Они относительны и демонстрируют лишь зависимость итогового показателя (объема депозитного портфеля) от многих факторов. Помимо рассмотренных, такими факторами могут быть: средний возраст вкладчиков, средний срок размещения депозита, количество досрочно расторгнутых договоров и др. Полученные результаты позволяют выявить факторы, изменение которых наиболее сильно влияет на объем депозитного портфеля банка. Информацию, полученную путем использования данного анализа, можно учитывать при формировании новых депозитных программ банка и пересмотра условий по уже существующим программам.

Также анализ входящих финансовых потоков банка можно осуществлять, используя уравнения множественной регрессии, которое позволяет построить модель с большим числом факторов, определив при этом влияние каждого из них в отдельности, а также их совокупное воздействие на моделируемый показатель. В результате данного анализа выявляются наиболее значимые факторы, оказывающие существенное влияние на основной показатель, и незначимые факторы, которыми можно пренебречь, тем самым упростив модель. Такой анализ можно использовать для прогнозирования депозитного и кредитного портфелей, а также других финансовых потоков банка. Пример применения регрессионного анализа для изучения депозитного портфеля банка представлен ниже (таблица 2) [8, с. 73-74].

Таблица 2 – Данные по объему депозитного портфеля банка в 2013 – 2016 гг. и средним значениям влияющих на него факторов

| Год | Объем депозитного портфеля, млн. руб. | Средний возраст вкладчиков, лет | Средняя процентная ставка по вкладу, % | Средний срок размещения, мес. |
|---|---|---|---|---|
| 2013 | 1215 | 48 | 9 | 7 |
| 2014 | 1563 | 51 | 9,5 | 9 |
| 2015 | 1426 | 43 | 8,7 | 11 |
| 2016 | 1384 | 47 | 9,2 | 10,5 |
| Обозначение | **y** | $\mathbf{x_1}$ | $\mathbf{x_2}$ | $\mathbf{x_3}$ |

Посредством вычислений в Excel получаем уравнение множественной регрессии, которое в нашем случае будет выглядеть следующим образом:

$y = 5625{,}5707 + 349{,}4639x_1 - 2583{,}9272x_2 + 295{,}7844x_3$.

После расчета коэффициентов корреляции можно сказать, что в данном примере существенное влияние на объем депозитного портфеля оказывает фактор $x_3$ – средний срок размещения. Именно он должен использоваться в дальнейшем при прогнозировании депозитного портфеля. Другие же представленные факторы не столь значимы, и их из анализа можно исключить.

Как и любая система, система управления финансовыми потоками банка подвергается воздействию внешних и внутренних факторов [9, с.295; 10, с. 30-31]. Метод регрессионного анализа также можно использовать для анализа внутреннего кредитного риска.

Другими методами, направленными на изучение предлагаемых банков продуктов и услуг, являются ABC-анализ и XYZ-анализ. Они позволяют проанализировать линейку банковских продуктов и выявить наиболее востребованные среди клиентов. Данные методы можно использовать как для изучения конкретного продукта (вклады физических лиц, кредитование физических лиц и т.д.), так и комплекса банковских услуг. Пример использования ABC-анализа представлен ниже (таблица 3).

Таблица 3 – Пример ABC-анализа депозитного портфеля банка за I квартал 2016 год

| Вид и срок вклада | Объем, млн. руб. | Доля, % | Доля нарастающим итогом (кумулята), % | Группа |
|---|---|---|---|---|
| без пополнения и без снятия 12 мес. | 10,9 | 15,39548023 | 15,39548023 | |
| без пополнения и без снятия 6 мес. | 9,9 | 13,98305085 | 29,37853107 | |
| с пополнением и снятием 12 мес. | 8,8 | 12,42937853 | 41,8079096 | |
| с пополнением и снятием 9 мес. | 8,7 | 12,28813559 | 54,0960452 | |
| с пополнением без снятия 12 мес. | 7,6 | 10,73446328 | 64,83050847 | A |
| без пополнения и без снятия 9 мес. | 7,3 | 10,31073446 | 75,14124294 | |
| с пополнением без снятия 9 мес. | 5,5 | 7,768361582 | 82,90960452 | |
| без пополнения и без снятия 3 мес. | 3,1 | 4,378531073 | 87,28813559 | |
| с пополнением и снятием 3 мес. | 2,8 | 3,95480226 | 91,24293785 | B |
| с пополнением без снятия 6 мес. | 2,7 | 3,813559322 | 95,05649718 | |
| с пополнением и снятием 6 мес. | 2,6 | 3,672316384 | 98,72881356 | |
| с пополнением без снятия 3 мес. | 0,9 | 1,271186441 | 100 | C |
| Сумма | 70,8 | 100 | | |

Из таблицы видно, что наиболее востребованными среди клиентов банка являются виды вкладов, входящие в группу «А». Соответственно, денежные средства, привлеченные в данные вклады, играют важную роль в формировании депозитного портфеля, именно эти виды вкладов должны постоянно контролироваться, мониториться и быть конкурентоспособными. Виды вкладов, входящие в группу «В» также являются важными и должны быть также привлекательными для клиентов.

XYZ-анализ позволяет оценить стабильность спроса на те или иные продукты банка. Рассматривая все те же данные по объему денежных средств, привлеченных банком во вклады физических лиц, можно выявить виды вкладов, объем привлеченных средств по которым можно спрогнозировать, или виды вкладов с ярко выраженной сезонностью размещения в них денежных средств клиентами (таблица 4).

Таблица 4 – Пример XYZ-анализа депозитного портфеля банка за I квартал 2016 год

| Вид и срок вклада | Объем, млн. руб. | | | Средний объем, млн. руб. | Стандартное отклонение | Коэффициент вариации, % | Группа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | январь | февраль | март | | | | |
| с пополнением без снятия 3 мес. | 0,2 | 0,1 | 0,7 | 0,33 | 0,26 | 78,74 | Z |
| с пополнением без снятия 6 мес. | 0,4 | 1,1 | 1,2 | 0,90 | 0,36 | 39,54 | Z |
| с пополнением без снятия 9 мес. | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,83 | 0,05 | 2,57 | X |
| с пополнением без снятия 12 мес. | 2,8 | 1,9 | 2,9 | 2,53 | 1,45 | 17,75 | Y |
| с пополнением и снятием 3 мес. | 0,7 | 0,8 | 1,3 | 0,93 | 0,26 | 28,12 | Z |
| с пополнением и снятием 6 мес. | 0,8 | 0,7 | 1,1 | 0,87 | 0,17 | 19,61 | Y |
| с пополнением и снятием 9 мес. | 2,3 | 3,9 | 2,5 | 2,90 | 0,71 | 24,55 | Z |
| с пополнением и снятием 12 мес. | 2,9 | 3,1 | 2,8 | 2,93 | 0,12 | 4,25 | X |
| без пополнения и без снятия 3 мес. | 0,8 | 1,7 | 0,6 | 1,03 | 0,48 | 46,3 | Z |
| без пополнения и без снятия 6 мес. | 3,2 | 3,0 | 3,7 | 3,03 | 0,29 | 8,92 | X |
| без пополнения и без снятия 9 мес. | 2,4 | 2,1 | 2,8 | 2,43 | 0,29 | 11,78 | Y |
| без пополнения и без снятия 12 мес. | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 3,63 | 0,12 | 3,43 | X |

Из полученных данных видно, что во вклады, входящие в группу X, клиенты стабильно размещают денежные средства, что способствует стабильному формированию депозитного портфеля банка. Виды вкладов, попавшие в группу Y, требуют большего изучения с целью выявления факторов, влияющих на колебание востребованности среди клиентов банка. Прогнозирование объема денежных средств, привлеченных за счет размещения клиентами банка во вклады группы Z, усложнено сильными колебаниями объемов размещенных денежных средств.

В данном случае XYZ-анализ позволяет повысить эффективность управления клиентской базой, линейкой вкладов, выявить узкие места и скорректировать политику банка в данной области.

Для более подробного и точного анализа данные, полученные при проведении ABC-анализа и XYZ-анализа можно совместить, получив при этом обобщенную матрицу (таблица 5).

Таблица 5 – Обобщенная матрица по результатам ABC-анализа и XYZ-анализа депозитного портфеля банка за I квартал 2016 год

| | | | Объем привлеченных денежных средств во вклады | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Наибольший | | Наименьший |
| | | | **A** | **B** | **C** |
| Стабильность размещения | Наименьшая | **X** | с пополнением и снятием 12 мес.<br>без пополнения и без снятия 6 мес.<br>без пополнения и без снятия 12 мес. | с пополнением без снятия 9 мес. | |
| | | **Y** | с пополнением без снятия 12 мес. | без пополнения и без снятия 9 мес. | с пополнением и снятием 6 мес. |
| | | **Z** | с пополнением и снятием 9 мес. | с пополнением и снятием 3 мес.<br>без пополнения и без снятия 3 мес. | с пополнением без снятия 3 мес.<br>с пополнением без снятия 6 мес. |

Анализируя полученные данные, можно отметить, что виды вкладов, входящие в группу AX являются стабильно востребованными среди вкладчиков, тогда как виды вкладов группы CZ характеризуются низкой стабильностью и малыми объемами размещения и требуют большего контроля и изучения.

В работе представлены примеры использования методов анализа, которые могут быть полезны сотрудникам аналитических, логистических, маркетинговых служб банка на этапах планирования и прогнозирования финансовых потоков и показателей деятельности банка. Они также могут применяться для анализа, планирования и прогнозирования входящих и исходящих финансовых потоков, операционных и кредитных рисков и т.д. Каждый метод позволяет проанализировать конкретную область, поэтому аналитикам необходимо применять данные методы в комплексе, что позволит получать точные и подробные результаты.

**Список литературы / References**

1. Кихаева Е.Н. Управление финансовыми потоками в коммерческом банке на основе логистического подхода /Кихаева Е.Н., Чернышова В.А.// «Экономика и современный менеджмент: теория и практика»: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф.– Новосибирск: СибАК – 2013. – № 11(31) – С. 19 -28.

2. Бархатов А. Особенности применения логистики в сфере банковских услуг /Бархатов А.// Логистика – 2011. – №2 – С. 79-80.

3. Пешкова Е.П. Системный подход к определению основных элементов управления финансовыми потоками предприятия /Пешкова Е.П.// Вестник Таганрогского института управления и экономики – 2011. – №2. – С. 21-26.

4. Жулидова В.Ю. Управление денежным потоком коммерческого банка: дисс. к.э.н. СГСЭУ. Саратов, 2010, 187 с.

5. Овакимян Г.С. Финансовый механизм и методы управления финансами коммерческого банка /Овакимян Г.С., Гребеник В.В.// Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, № 3 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/125EVN316.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана.

6. Захарова Н.А. Логистика в банковском предпринимательстве: автореф. дисс. к.э.н. СПб, 2002, 17 с.

7. Продолятченко П.А. Депозитная логистика: понятие и перспективы развития / Продолятченко П.А.// Инновационная наука и современное общество: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 февраля 2015 г., г. Уфа). В 2 ч. Ч. 1. – Уфа: Аэтерна, 2015 – С. 127 – 133.

8. Готфрид А.С. Система управления финансовыми потоками банка. Регрессионный анализ как метод управления финансовыми потоками банка /Готфрид А.С. // Сборник статей международной исследовательской организации “Cognitio” по материалам XX международной научно-практической конференции 2 часть: «Актуальные проблемы науки XXI века», г. Москва: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – М.: Международная исследовательская организация "Cognitio", 2017. – С. 68 – 75.

9. Коваленко О. Г. Система управления денежными потоками предприятия / Коваленко О. Г. // Молодой ученый. – 2014. – №20. – С. 295-297.

10. Тютюкина Е. Б. Финансовые потоки: сущность и признаки классификации / Е. Б. Тютюкина, К. М. Афашагов // Вестник финансовой академии. – 2007. – № 4 (44). – С. 24–33.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kihaeva E.N. Upravlenie finansovymi potokami v kommercheskom banke na osnove logisticheskogo podhoda [Management of financial flows in a commercial Bank on the basis of logistic approach] /Kihaeva E.N., Chernyshova V.A.// «Jekonomika i sovremennyj menedzhment: teorija i praktika»: sb. st. po mater. XXXI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Economics and modern management: theory and practice] – 2013 – № 11(31) – P. 19 -28. [in Russian]

2. Barhatov A. Osobennosti primenenija logistiki v sfere bankovskih uslug [Features of application of logistics in the field of banking services] /Barhatov A.// Logistika [Logistics]– 2011. – №2 – P. 79-80. [in Russian]

3. Peshkova E.P. Sistemnyj podhod k opredeleniju osnovnyh jele-mentov upravlenija finansovymi potokami predprijatija [A systematic approach to identify the core elements of management of financial flows of the company] /Peshkova E.P.// Vestnik Taganrogskogo instituta upravlenija i jekonomiki [Bulletin of Taganrog Institute of management and Economics] – 2011. – №2. – P. 21-26. [in Russian]

4. Zhulidova V.Ju. Upravlenie denezhnym potokom kommercheskogo banka: diss. k.je.n. SGSJeU [Cash flow management of a commercial Bank] – 2010 – 187 p. [in Russian]

5. Ovakimjan G.S. Finansovyj mehanizm i metody upravlenija finansami kommercheskogo banka [inancial mechanism and methods of financial management of commercial Bank ] /Ovakimjan G.S., Grebenik V.V.// Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» [Internet-journal "science of SCIENCE"] Tom 8, № 3 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/125EVN316.pdf (dostup svobodnyj). Zagl. s jekrana. [in Russian]

6. Zaharova N.A. Logistika v bankovskom predprinimatel'stve: avtoref. diss. k.je.n. SPb [Logistics in the banking business] – 2002 – 17 p. [in Russian]

7. Prodoljatchenko P.A. Depozitnaja logistika: ponjatie i perspek-tivy razvitija [eposit logistics: the concept and prospects of development] / Prodoljatchenko P.A.// Innovacionnaja nauka i sovremennoe obshhestvo: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Innovative science and modern society: collected articles of International scientific-practical conference] – V 2 ch. Ch. 1. – Ufa: Ajeterna, 2015 – P. 127 – 133. [in Russian]

8. Gotfrid A.S. Sistema upravlenija finansovymi potokami ban-ka. Regressionnyj analiz kak metod upravlenija finansovymi potokami banka [The system of management of financial flows of the bank. Regression analysis as a method of managing finansial flows of a bank] /Gotfrid A.S. // Sbornik statej mezhdunarodnoj issledovatel'skoj organizacii “Cognitio” po materialam XX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 2 chast': «Aktual'nye problemy nauki XXI veka», g. Moskva: sbornik so stat'jami (uroven' standarta, akademicheskij uroven'). – M.: Mezhdunarodnaja issledovatel'skaja organizacija "Cognitio" [Collected papers of the international research organization "Cognitio" according to the materials of XX international scientific and practical conference, part 2: "Actual problems of science of XXI century"]- 2017. – P. 68 – 75. [in Russian]

9. Kovalenko O. G. Sistema upravlenija denezhnymi potokami predprijatija [The control system of the enterprise cash flows] / Kovalenko O. G. // Molodoj uchenyj [Young scientist]. – 2014. – №20. – P. 295-297. [in Russian]

10. Tjutjukina E. B. Finansovye potoki: sushhnost' i priznaki klas-sifikacii [Financial flows: the essence and features of classification]/ E. B. Tjutjukina, K. M. Afashagov // Vestnik finansovoj akademii [Vestnik of the Finance Academy] – 2007. – № 4 (44). – P. 24–33. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.151**

**Гумерова Г.И.[1], Шаймиева Э.Ш.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-5198-7576, доктор экономических наук, профессор, руководитель отдела образовательных проектов Департамента образовательных проектов и программ,

[2]ORCID: 0000-0002-9588-0199, доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента, зав. научно-исследовательской лабораторией менеджмента знаний факультета менеджмента и инженерного бизнеса

[1]Фонд инфраструктурных и образовательных программ (РОСНАНО)

[2]Казанский инновационный университет им. В.Г.Тимирясова (ИЭУП), г. Казань

## УПРАВЛЕНИЕ НЕЯВНЫМ ЗНАНИЕМ ИННОВАЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

***Аннотация***

*В статье исследована экономическая сущность управления неявным знанием в инновационной организации на макро,-мезо, микроуровнях. Разработана авторская методология исследования, включающая методику анализа рынка явных и неявных знаний; оценка объема явного и неявного знания в расчете на одно инновационное предприятие. В результате исследования определено значение неявного знания в системе знания инновационной организации трех уровней; выявлена дифференциация управления в технических, биологических, социально-экономических системах; сформированы критерии неявного, явного знания.*

**Ключевые слова**: неявные знания, знания инновационной организации, методы защиты.

**Gumerova G.I.[1], Shaimieva E.Sh.[2]**

[1]ORCID: 0000-0002-5198-7576 PhD in Economics, Professor, Foundation of infrastructure and educational programs (RUSNANO), Head of the Department of educational projects and programs,

[2]ORCID: 0000-0002-9588-0199, PhD in Economics, Professor of management chair, the head of the research laboratory of knowledge management by faculty of management and engineering business

[1]Foundation of infrastructure and educational programs (RUSNANO)

[2]Kazan innovative University named after V. G. Timirjasewa (IEML), Kazan, Russia

## IMPLICIT KNOWLEDGE MANAGEMENT IN THE INNOVATIVE ORGANIZATION: THEORETICAL-METHODOLOGICAL APPROACH

***Abstract***

*The article investigates the economic essence of the management of implicit knowledge in innovative organizations at the macro-, meso-, micro-levels. The author has developed the research methodology, including the method of analysis of the market of explicit and implicit knowledge; assessment of the amount of explicit and implicit knowledge in order to understand innovative enterprise. The study identified the importance of tacit knowledge in the knowledge system of innovation organization at three levels; the identified differentiation of management in technical, biological, socio-economic systems; developed criteria for implicit, explicit knowledge.*

**Keywords**: tacit knowledge, knowledge innovation of the organization, methods of protection.

### Explanation, purpose of the study

**Purpose.** In this paper the research tasks are the study of the economic nature of implicit knowledge management in an innovative organizations; the development of methods of protecting of tacit knowledge.

**Design / methodology / approach**. The author has developed the research methodology, including the method of market analysis of the explicit, implicit knowledge, identified the importance of tacit knowledge in the knowledge system of innovation organization at three levels; the identified differentiation of management in technical, biological, socio-economic systems; developed criteria for implicit, explicit knowledge.

**Research limitations/implications:** the method of market analysis of explicit, implicit knowledge is based on the Russian practice of statistical information collecting. A study in the protection of the tacit knowledge applied to a concrete Russian company with the best capitalization of the objects of explicit, implicit knowledge in the national Russian scale in manufacturing of electrical work.

**Practical application:** management of the highest level of innovative organizations. Originality/value: showing the economic essence of tacit knowledge as the part of organization knowledge; the volume of knowledge in value terms; forms a complex of protecting methods of tacit knowledge in the structure of the confidential documented information for management of the high,- medium-, low levels.

**Introduction**

Management of implicit knowledge in the innovative organizations from an economic point of view involves the capitalization of knowledge based on methodological provision for the study of markets of explicit and tacit knowledge, identifying trends in the development of knowledge markets, ensuring the protection of the holders of tacit knowledge in the organization.

Management of the implicit knowledge in the structure of a knowledge of the innovative organization is characterized in the theoretical economic literature by the following provisions:

- the lack of the research in the field of structural relations of the implicit/explicit knowledge in the organization;
- the lack of the research in the field of protecting methods of tacit knowledge in an organization in its managerial values hierarchy;
- the lack of the practice-oriented work contributing to the diagnosis of the state of affairs in the management of implicit knowledge in the organization.

**Methodological approach**

The object of the study is the management system of explicit and implicit knowledge in an innovative organization. The subject of research is the management system of implicit knowledge in an innovative organizations in terms of its economic essence and protection methods.[1]

Under the "economic substance" of the management of implicit knowledge in the knowledge structure of organization is defined as a capitalization of the knowledge at meso,- microlevels [1. P. 117, 151, 160].

Under the "innovative organization" in this study is understanding the organization performing research and development over the period 2000-2014 [2- P. 24-25].

**The theoretical background**

The study of implicit knowledge management in the innovation organization carried out in the following areas:

a) in the field of organizations as systems with the differentiation of management in the technical, biological, socio-economic systems: Adizes I. [3]. The management of implicit knowledge distinguishes the management in the socio-economic system from the management in the technical system, characterized by the absence of tacit knowledge; management in a biological system, where the development and longevity of the last is carried out through the implicit knowledge [3], [4][2]. The management of emotional intelligence of emotional leadership based on social sensitivity (empathy), self-awareness, self-control is, in the authors' opinion, an integral part of the management of implicit knowledge of the leader (head) [4].

b) in the field of human resource management as a source of knowledge of organization: [6]. Based on work of Chesbrough [7], the organization (enterprise, firm) is considered in this study as a living, open system for the production and management of knowledge in the form of a tangible or intangible product that functions on three levels: micro,- meso,- macro.

c) in the field of knowledge management system in the organization generated by the dominant in the organization of the leadership concept: Davenport T., Prusak L. (Davenport T., Prusak L. (1998) [8], Davenport Th., Gilbert J., Heinrich v. P. (Davenport, Gilbert, Heinrich v. P., (2002) [9]. The analysis of the leadership concepts from 1967 to the present time shows that in the organization, where developed and applied the leadership concept of the knowledge economy, the employees are the followers of the head, in the case of its conformity with the specific criteria of the leader in personal characteristics, based on the ethic norms accepted in this country or meet the requirements used in transnational corporations, compliance (unity) behavior in real and virtual spaces Carayannis E, Papadopoulos C. (Carayannis et al., 2011) [10][3].

The relationship "leader-followers" are required to extract of implicit knowledge in an innovative organizations. In addition, the relationship to managerial competencies in the evolution of leadership theories evidence the development of managerial competences as a (private) explicit and implicit knowledge of the head, reflecting his leadership skills, contributing to the development of explicit and implicit knowledge of employees (Verdorfer et al., 2014) [12].

d) in the field of hierarchy of managerial values in the business models of the United States, Germany, Japan, Russia: Milner B. (Milner, 2009) [13];

---

[1] The methodology of knowledge market research presented in this study in the following sections: methods of analysis of the market of explicit and implicit knowledge at three levels; evaluation of volume of the Russian market knowledge over the period 2000-2014, the evaluation of the volume of explicit and implicit knowledge per one innovation enterprise [2. P. 21-23 ]

[2] The management of emotional intelligence of emotional leadership based on social sensitivity (empathy), self-awareness, self-control is, in the authors' opinion, an integral part of the management of implicit knowledge of the leader (head) [4]. The management of implicit knowledge are able to provide the considerable growth of the company (examples – the Japanese company of automotive industry), as well as cause the stagnation of an enterprise (enterprises of the second half of the Soviet period) [5].

[3] Based on the model of the "servant leader" of Dirk van Dierendonck, in particular, are analysed the characteristics of a "servant" leader (Dierendonck, 2011) [11].

e) the most significant works in the foreign economic literature in the formation of knowledge markets, used by the authors in this work are the following: Lesser E. (Lesser, 2000) [14], Mandeville T. (Mandeville, 1998) [15], Teece D. (Teece, 1981) [16][4]. The implementation of methodology by Adizes I. K. contributes to the longevity of organizations, including high-tech businesses (Adizes, 2008) [3] (Table 1).

Table 1 – Study of theoretical and research papers on the topic of the present work

| Field | The achievement of studies as the authors' conclusions regarding to the subject of this study | The critical comments of authors |
|---|---|---|
| 1) organizations as systems, differentiated management in technical, biological, socio-economic systems | Accounting the distinguishing characteristics of management systems (in the biological, spiritual organizations (systems) – «the life expectancy», «the manageability» – in the management of technical systems) in the management of socio-economic system is reflected in the development in the last decade of the "ecosystem" that is self-adapting to the conditions of the external environment, ensuring the functioning of the enterprise for a long time. | Insufficient attention to the management of the organization as a system devoted to the management of tacit knowledge, including methods of its generation, accumulation, protection. |
| 2) human resource management as a source of organizational knowledge | The system (organization, company) generates its own unique management system based on tacit knowledge (i.e. experience, skills, abilities, mental models, whose carrier is an individual – an employee of the organization). The uniqueness of the management system in socio-economic society based on scale effects of the use of tacit knowledge due to basic patterns of behavior and activities of people in organizations, i.e. organizational behavior. | Inadequate attention in the management of human resources in the Russian practice devoted to the issues of inclusion of the individual (employee's) vehicle of the implicit knowledge in production activities of the organization, institutionalized understanding of this process. |
| 3) the knowledge management system in the organization generated by the dominant in the organization of the concept of leadership | The essence of the (national) knowledge management models of the leaders in the technological ways is to develop of methodological tools for the extraction of explicit, tacit knowledge in the organization as a system on macro-, meso,- micro-levels. | In the field of theories, concepts of leadership is the lack of use of irrational components (implicit knowledge) in the model of knowledge management in organizations during the formation of the knowledge economy. |
| 4) hierarchy of managerial values in the business models of the United States, Germany, Japan, Russia | The management system of the countries-leaders of technological orders (USA, Japan, Germany), based on the appropriate intellectual tradition as the foundation of management philosophy, business values, business management models reflect the search for these systems on the parameters "manageability", "lifetime of the company" through the development of methodological tools for managing of explicit and implicit knowledge. | Insufficient formedness of the hierarchy of managerial values in the business models of Russia, based on appropriate intellectual tradition as the basis of philosophy of management. |
| 5) management and protection of knowledge of organization | Identification of combination factors influencing the development and accumulation of explicit and implicit knowledge. | Insufficiently developed: the structural ratio of explicit and implicit knowledge in organizations, methods of protection implicit knowledge. |

*Source: compiled by the authors*

**Results**

The result of the research of theoretical works of Russian, foreign authors in relation to the subject of this research are the following conclusions:

1.In the high-tech enterprise management system the management of implicit knowledge is a priority. The management of implicit knowledge differentiates the management in the socio-economic system from the management in the technical and biological systems.

2. The research of management of technical, biological systems revealed the presence in these systems of advantages in comparison with the management of socio-economic systems on the following parameters: controllability and lifetime, accordingly (Tab. 1).

[4] In particular, in Teece D. (Teece, 1981) [16], the management of knowledge is considered from the perspective of international knowledge transfer, and the functioning of enterprises on the market of knowledge based on the properties of know-how. The study of these issues is reflected in the international activities of an innovative enterprises in the characteristics of the company's of high-tech business, the characteristics of its invention. In the methodology of Adizes I. (Adizes, 2008) the special attention is paid to issues of organizational learning in enterprises, issues of conflict-free implementation of changes in the organization.

3.The management in socio-economic systems, based on the achievements in the field of technical management, biological systems is the study and use of the potential of tacit knowledge as the dominant management knowledge system of the organization. In Tab. 2 formed the nature of knowledge, differentiating the implicit from explicit knowledge on the basis of criterion base (Tab. 2).

4.The human resources management based on system approach relies on the methodological apparatus, comprising an object database and methodological tools for the management subsystems of explicit and implicit knowledge, accordingly (Tab. 2).

5. The human resources management based on system approach aimed at the development of methodological tools for extraction of tacit knowledge and expand of methodological tools of explicit knowledge (Tab. 2).

6. Requirements are developed for the concept of leadership to the model of knowledge management in the organization on a meso,- micro,- levels, including the competency requirements of the head; methods of protecting tacit knowledge in the composition of confidential documentary information (Tab. 3).

Table 2 – Characteristics of explicit and implicit knowledge: differentiation according to 8 criteria

| Criterion | Explicit knowledge | Tacit knowledge |
|---|---|---|
| 1.Structural balance in the organization | a) is much inferior in the volume of implicit knowledge | greatly exceeds the amount of explicit knowledge |
| 2.Identification in the organization (object database) | b) intellectual property: industrial property, utility model, copyright, confidential documented information | technical skills; values, mental models; experience, skill, intuition |
| 3.Levels (area) of knowledge creation | c) functional management (manufacturing, Finance, marketing, logistics, etc.) | individual (employee), group (organizational behavior) |
| 4.Intra-corporate knowledge transfer:<br>- method | d) contactless by | personal contact |
| - costs | d) the minimum | requires a certain cost |
| 5. Protection of knowledge | e) The Civil Code. Part 4 No. 230-FZ;<br>Federal Law "On information, information technologies and protection of information" | the lack of a comprehensive legal, internal protection |
| 6.Characteristics of the company-creator of knowledge | g) interest in (high) financial performance | innovative |
| | h) a significant need for technical regulations, manuals, internal orders | a significant need in the solution of system-wide strategic objectives |
| 7.Impact on the competitiveness of the enterprise | k) direct, in the form of rationalization of the production | indirect, in the format of the quality of achievement of the goals of risky projects |
| 8.Conditions of knowledge extract | l) IT-products for the management of explicit knowledge; regulation, standardization works | the presence of irrational components in the model of knowledge management in organizations: religious, philosophical/non-religious position, that institutionalisiert the provisions of the athoritarian leadership theories of the knowledge economy in the areas of:<br>-interact "leader-followers";<br>- digital foundations of leadership;<br>-social orientation of the organization |

*Source: based on: [17], [18]*

Table 3 – The main provisions of the concept of leadership in the knowledge economy: the requirements in the framework of the model of knowledge management in organizations, requirements for professional competences in the implicit knowledge management

| An integral part | Level | Requirements to leadership concepts |
|---|---|---|
| I. Requirements in the framework of the knowledge management model in the organization | | |
| The philosophy of the founders of the company | Head | Is based on religious (religion related basic areas of functioning of the enterprise); the philosophical/non-religious (moral, ethical) teachings |
| | Organization | The institutionalization provisions implementing real and virtual spaces: the philosophy of the company; moral values; organizational culture |
| Model of labor relations | Head | The uniqueness in the following provisions of the leadership theories:<br>- interact "leader-followers";<br>- the digital base of leadership |
| | Organization | - social orientation of the organization |
| Total factor productivity | Head / Organization | National differences in management of organizations at the meso,- micro-levels. |
| | Head | Dominance elements in the implicit knowledge management (in part of irrational) over explicit (in part of rational part), the virtual over the real space. |
| II. Requirements to the professional competences in the management of implicit knowledge | | |
| Features | Head | The empowerment of employees, humility, authenticity, interpersonal acceptance, providing direction for the development, servant leadership. |
| Professional competence | Head | The possession of methodological tools of management model knowledge to extract of tacit knowledge in the organization. |

Tools for the management of implicit knowledge include the following: 1. The development of mentoring for young employees from employees with experience. 2. The development of "self-learning" groups, where employees, improving skills in foreign educational institutions, offer new theoretical and practical knowledge for General consumption in the organization. 3. The development of platforms, "ecosystems", when employees are able to deal effectively with emerging problems independently. 4. Setting for the staff the new problems of theoretical, practical plans, thereby providing support in the form of business (training) games the readiness of enterprises to solve problems in practice, arising suddenly and requiring a high level of professionalism. 5. Increasing the level of gamesale work to identify a growing volume of implicit knowledge in solving management problems in conditions of high innovation and investment risks and great uncertainty of the future cash flow (for the management of a highest level); routine tactical work with orientation staff on innovation in the field of decision-making and achievement of production processes (for management of middle-, low-levels).

The authors developed requirements for professional competence of leader innovative organizations based on the concept of leadership and the knowledge economy, including tools for extracting implicit knowledge of employees can be applied in a number of professions digital future "Atlas of new professions» [19].

**Список литературы / References**

1. К обществам знания / Всемирный доклад ЮНЕСКО.- 2005. - Издат-во ЮНЕСКО.- 229 с.

2. Индикаторы науки: 2016: статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др. Нац. исслед. университет «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ. – 2016. - 304 с. - URL: https://www.hse.ru/primarydata/in2016

3. Адизес И. К. Управляя изменениями / И.К. Адизес. - СПб, Питер, 2008. г. - 340с.

4. Гоулман Д., Бояцис Р., Макки Э. Эмоциональное лидерство: Искусство управления людьми на основе эмоционального интеллекта / Д. Гоулман, Р. Бояцис, Э. Макки . - М.: Альпина Паблишер, 2015. – 301 с.

5. Нанака И. Компания – создатель знания. / И. Нанака. - М.: Гардарики, 2007 г. - 312 с.

6. Senge P. The Fifth Descipline: the Art and Practice of the Learning Organization / P. Senge. - New York: Doubleday, 1999. – 593 c.

7. Chesbrough, H. Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology / H. Chesbrough. - Harvard business school press, 2003. - 227 p.

8. Davenport, T., Prusak, L. Working knowledge: How organizations manage what they know / T. Davenport, L. Prusak // Boston, MA: Harvard Business School Press.- 1998- 200 p.

9. Davenport, Th., Gilbert, J., Heinrich v. P., (2002) Knowledge Management. Case Book. Munich, 327 p.

10. Carayannis, E.G, Papadopoulos, C.B. The Innovation Diplomacy Concept and the Hellenic-American Innovation Bridge as a Special Case-in-Point / E.G. Carayannis, C.B. Papadopoulos // Journal of the Knowledge Economy.- 2011 - No. 2, - pp. 257-326.

11. Dierendonck, v.D. Servant Leadership: A Review and Synthesis / v.D., Dierendonck // Journal of Management. – 2011. -Vol. 37, No. 4.- doi: 10.1177/0149206310380462, pp. 1228-1261

12. Verdorfer, P., Peus, C. Servant Leadership. Trends der psychologischen Führungsforschung. Neue Konzepte, Methoden und Erfahrungen / P.Verdorfer, C. Peus. - Göttingen, Hogrefe Verlag. 2014. - pp. 66-77.

13. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера. – М.: ИНФРА-М. - 2009 г. - 624 с.

14. Lesser E.L. Knowledge and Social Capital. / E.L. Lesser. - Boston: Butterworth – Heinemann. 2000.

15. Mandeville, T. An Information Economics Perspective on Innovation / T. Mandeville. - International Journal of Social Economics. – 1998. - 25 (2/3/4) – pp. 357-364.

16. Teece, D. The Market for Know-How and the Efficient / D. Teece. - International Transfer of Technology. Annals of the American Association of Political and Social Sciences. – 1981 - November, pp. 81-86.

17. Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ). Часть 4 № 230-ФЗ от 18.12.2006 (принят ГД ФС РФ 24.11.2006) (действующая редакция от 03.08.2013). - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/

18. Harlow H. The effect of tacit knowledge on firm performance. / H. Harlow. - Journal of knowledge management.- 2008. - Vol. 12, (1). - Pp. 148-163.

19. Атлас новых профессий. - URL:http://atlas100.ru/ [дата обращения 01.04.17]

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. K obshhestvam znanija [Towards knowledge societies] / Vsemirnyj doklad JuNESKO.- 2005. - Izdat-vo JuNESKO.- 229 p. [in Russian].

2. Indikatory nauki: 2016: statisticheskij sbornik [Science indicators: 2016: statistical collection]/ N.V. Gorodnikova, L.M. Gohberg, K.A. Ditkovskij i dr. Nac. issled. universitet «Vysshaja shkola jekonomiki». – M.: NIU VShJe. – 2016. - 304 s. - URL: https://www.hse.ru/primarydata/in2016 [in Russian].

3. Adizes, I. K. (2008), Management of change [Management of change]. Saint Petersburg, Piter, 340 p. [in Russian].

4. Goulman D., Bojacis R., Makki Je. Jemocional'noe liderstvo: Iskusstvo upravlenija ljud'mi na osnove jemocional'nogo intellekta [Emotional leadership: the Art of managing people based on emotional intelligence] / D. Goulman, R. Bojacis, Je. Makki . - M.: Al'pina Pablisher, 2015. – 301 s. [in Russian]

5. Nanaka I. Kompanija – sozdatel' znanija [Company – Creator of knowledge]. Moskva / I. Nanaka. - M.: Gardariki, 2007 g. - 312 s.Senge, P. (2007), The fifth discipline. The art and practice of the learning organization. Moscow, Olimp-biznes, 560 p. [in Russian]

6. Senge P. The Fifth Descipline: the Art and Practice of the Learning Organization / P. Senge. - New York: Doubleday, 1999. – 593 p.

7. Chesbrough H., (2003), Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology. Harvard business school press, 227 p.

8. Davenport, T., Prusak, L. (1998). Working knowledge: How organizations manage what they know. Boston, MA: Harvard Business School Press, 200 p.

9. Davenport, Th., Gilbert, J., Heinrich v. P., (2002) Knowledge Management. Case Book. Munich, 327 p.

10. Carayannis, E.G, Papadopoulos, C.B. (2011), “The Innovation Diplomacy Concept and the Hellenic-American Innovation Bridge as a Special Case-in-Point”, Journal of the Knowledge Economy. No. 2, pp. 257-326.

11. Dierendonck, v.D., (2011), «Servant Leadership: A Review and Synthesis»б Journal of Management, Vol. 37, No. 4, doi: 10.1177/0149206310380462, pp. 1228-1261

12. Verdorfer, P., Peus, C. (2014), “Servant Leadership”, J. Felfe (Ed.), Trends der psychologischen Führungsforschung. Neue Konzepte, Methoden und Erfahrungen. Göttingen, Hogrefe Verlag, pp. 66-77.

13. Innovacionnoe razvitie: jekonomika, intellektual'nye resursy, upravlenie znanijami [Innovative development: economy, intellectual resources, knowledge management] / Pod red. B.Z. Mil'nera. – M.: INFRA-M. - 2009 g. - 624 p. [in Russian].

14. Lesser, E.L. (2000), Knowledge and Social Capital. Boston: Butterworth – Heinemann. 2000.

15. Mandeville, T. (1998), “An Information Economics Perspective on Innovation”, International Journal of Social Economics. 25 (2/3/4). 357-364.

16. Teece, D., (1981), The Market for Know-How and the Efficient International Transfer of Technology. Annals of the American Association of Political and Social Sciences. November, pp. 81-86.

17. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii [Civil code of the Russian Federation]. Part 4, No. 230-FZ, (2006)/ - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/ (accessed 10 February 2017). [in Russian]

18. Harlow H. The effect of tacit knowledge on firm performance. / H. Harlow. - Journal of knowledge management.- 2008. - Vol. 12, (1). - Pp. 148-163.

19. Atlas novyh professij. [The Atlas of new professions]. - URL:http://atlas100.EN/ (accessed 01.04.17) [in Russian].

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.058**

**Жуковская И.Ф.[1], Каджаева С.Т.[2]**
[1]ORCID: 0000-0002-2824-0247, доцент, кандидат экономических наук, [2]аспирант,
[1]Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
[2]Владимирский институт бизнеса

# ЗДРАВООХРАНЕНИЕ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ ВАКЦИНАЦИИ)

***Аннотация***

*В статье рассматривается изменение некоторых показателей здоровья народонаселения в зависимости от социального, экономического и культурного развития регионов России, проанализированы и выявлены специфические формы вакцинации граждан от клещевого вирусного энцефалита в различных областях Российской Федерации и выделены четыре группы регионов с типичными признаками – по количеству укусов и уровню вакцинации. Сделан вывод о необходимости использования дифференцированного подхода к структуре финансирования профилактики противоэпидемиологических и лечебных мероприятий.*

**Ключевые слова:** здоровье, система здравоохранения, регион, человеческий капитал, вакцинация, клещевой вирусный энцефалит.

**Zhukovskaya I.F.[1], Kadzhaeva S.T.[2]**
[1]ORCID: 0000-0002-2824-0247, Associate Professor, PhD in Economics, [2]Postgraduate Student,
[1]Vladimir State University named after Aleksander Grigorievich and Nikolay Grigorievich Stoletov
[2]Vladimir Institute of Business

# HEALTHCARE AS A FACTOR OF THE HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT IN THE REGION (ON THE EXAMPLE OF VACCINATION SERVICES MANAGEMENT)

***Abstract***

*The article examines changes in some indicators of the public health depending on the social, economic and cultural development of the Russian regions. It analyzes and identifies specific forms of vaccination against tick-borne viral encephalitis in various regions of the Russian Federation and singles out four groups of regions with typical signs – by the number of bites and the level of vaccination. It was concluded that there is a need to use a differentiated approach to the structure of financing the prevention of anti-epidemic and therapeutic measures.*

**Keywords**: health, health system, region, human capital, vaccination, tick-borne viral encephalitis.

Современная демографическая ситуация в различных развитых странах выдвигает на первый план приоритетными направлениями социальной политики государства сохранение и укрепление здоровья населения, увеличение продолжительности жизни, развитие инновационных форм здравоохранения [2, С. 63-125]. Важным компонентом человеческого капитала, во многом влияющим на устойчивость долгосрочных трендов потенциального развития, выступает качество здоровья народонаселения и качественный уровень системы здравоохранения как в целом по стране, так и непосредственно на местах [4, С. 18-24].

Здоровье человека, гражданина, является затратной экономической статьёй, как для него самого, так и для государства. Поскольку у большинства населения России трудоспособного возраста преобладают пограничные состояния здоровья, расходы на профилактику дают значительный экономический эффект. Поэтому сохранение здоровья нации, восстановление функциональных резервов человека, повышение устойчивости организма к неблагоприятным условиям внешней среды и определено в качестве одного из приоритетных направлений системы здравоохранения и развития российского общества [1, С. 3-6].

Понимание проблемы влияния социальных и экономических факторов на здоровье населения какого-либо субъекта РФ требует комплексного подхода рассмотрения ее в связи с характеристикой социально-политической ситуации в стране в целом. Так, различные общественные преобразования в России в девяностые годы прошлого столетия изменили, в значительной мере, образ жизни людей, заставляя их адаптироваться к возникающим новым условиям и переменам в обществе.

Отражением процессов, названных социологами «социально-психологический стресс» [[9, С. 64-65], [10, С. 191], [11, С. 75-76]], стало сокращение к середине девяностых годов ожидаемой продолжительности жизни. Относительно показателей 1986 г. продолжительность жизни у мужчин сократилась на 7,3 года, у женщин - на 4,3. Динамика рождаемости и смертности достаточно явно фиксирует прямую аналогию показателей высокой смертности с наиболее трудными годами проводимых реформ (1992-1994, 1998-1999, 2002-2004 гг.).

Тем не менее выполнение мероприятий национальных проектов начиная с 2006 г. способствовало системной модернизации не только систем здравоохранения, образования, жилищной сферы и агропромышленного комплекса, но социально-экономической системы страны в целом, что и нашло свое отражение в росте показателей качества жизни населения. В частности, в 2013 г. общероссийский уровень рождаемости впервые с начала кризисного периода 1990-х гг. превысил уровень смертности и составил 13,2 на 1000 населения [3], в 2015 г. – показатель превышения составил 13,3. Однако, в 2016 г. рождаемость опять начала снижаться. Показатель смертности в 2015 г. составил 13,0 на 1000 человек, а в 2016 г. – 12,8 [8, С. 83].

Следует отметить, что среди причин смерти прослеживаются определенные закономерности. В целом, исследования демонстрируют схожесть причин и в отдельных регионах, и по стране в целом. В частности, темп прироста заболеваемости с 2003 г. по 2016 г. в России составил 15,0%, наибольшее число смертных исходов приходится на болезни органов системы кровообращения, второе место занимают внешние причины (несчастные случаи, отравление алкоголем и травмы), третье – новообразования.

Анализ статистических данных показывает, что разное качество здоровья населения напрямую обусловлено специфическим состоянием социально-экономического положения субъектов Российской Федерации.

Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, минимально необходимый объём финансирования системы здравоохранения должен быть не ниже 5% от ВВП. В России государственные расходы существенно меньше не только этой границы, но стран Европейского Союза. Например, расходы на здравоохранение в Венгрии, Чехии и Польше составляют 6% от ВВП, в Германии – 11%. А переход российского здравоохранения на одноканальное финансирование (т.е. исключительно через Фонд обязательного медицинского страхования) способствовал снижению этих расходов в 1,5 раза (в номинальном исчислении). Фактически ответственность за обеспечение Программы государственных гарантий была возложена на бюджеты регионов, систему обязательного медицинского страхования и население.

Однако большая часть региональных бюджетов из года в год формируется с дефицитом. Например, в начале 2016 г. в 14 регионах объём государственного долга превышал сумму доходов бюджета, а самую низкую долговую нагрузку имела Тюменская область (0,9 %).

Тем не менее даже ограниченные средства используются региональными органами государственного управления не всегда эффективно. Так, по результатам аудиторской проверки Счетной палаты РФ, которая выборочно проводилась в нескольких регионах в 2015 г. (Ярославская, Вологодская, Астраханская, Ростовская, Самарская, Пензенская, Челябинская области, Республика Башкортостан, Забайкальский край) было отмечено, что «по сравнению с 2014 г. установлен рост дефицита средств территориальных программ за счет консолидированного бюджета региона. В 2014 г. дефицит был выявлен в 59 регионах в размере 102 млрд. рублей, а в 2015 г. - в 62 регионах в размере 127 млрд рублей, в том числе по 5 регионам, не являющимися дотационными» [7].

Снижение финансирования системы здравоохранения приводит не только к росту заболеваемости среди населения, но и экономическим потерям общества. В частности, в докладе Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году» говорится о том, что в России в 2016 г. было отмечено 34,88 миллионов случаев инфекционных и паразитарных заболеваний, что на 5,83% выше, чем в 2015 г., а экономический ущерб от них составил 604,3 млрд руб. [5, С. 88-89].

В этих условиях возрастает роль профилактики заболеваний среди населения, в том числе и с помощью вакцинации.

По профилактике инфекционных заболеваний, иммунизации населения Минздравом России совместно с органами исполнительной власти было разработано и утверждено Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1458 «О внесении изменений в Правила использования бюджетных ассигнований федерального бюджета, предоставленных на закупку медицинских иммунобиологических препаратов в рамках национального календаря профилактических прививок», издан приказ Минздрава России от 21 мая 2013 г. № 195н «О формах заявок на поставку медицинских иммунобиологических препаратов, закупленных в рамках Национального календаря профилактических прививок, и отчетов об использовании медицинских иммунобиологических препаратов, закупленных в рамках Национального календаря профилактических прививок». Это привело к тому, что, например, за последние пять лет охват населения прививками против гриппа возрос в 1,6 раза (44,9 млн человек или 31,3% населения).

Несмотря на предпринятые меры, проблема недостаточного бюджетного финансирования способствовала развитию коммерческой вакцинации. Сегодня каждый житель может приобрести вакцину самостоятельно в аптечной сети, где вместе с вакциной ему дают сопроводительный лист, в котором отмечены дата продажи, время и условия хранения. Но такая активная поддержка частного рынка – это скорее исключение из правил. В большинстве регионов продажа вакцин в аптеках запрещена или не популярна в связи с риском несоблюдения холодовой цепи. Коммерческая вакцинация населения может проводиться как в государственных, так и частных лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) и коммерческих медицинских организациях, имеющих лицензию на данный вид деятельности. Частные ЛПУ, как правило, самостоятельно производят закупку препаратов для вакцинопрофилактики.

Рассмотрим процесс вакцинопрофилактики в регионах России на примере борьбы с клещевым вирусным энцефалитом.

Клещевой вирусный энцефалит (далее - КВЭ) является природно-очаговой острой вирусной инфекционной болезнью с трансмиссивным механизмом передачи возбудителя, который поражает преимущественно центральную нервную систему, приводит к быстрому развитию полиморфизма клинических проявлений, что определяет высокую тяжесть течения. Варианты последствия заболевания разные – от полного выздоровления до нарушений здоровья, приводящих к инвалидности и смерти. Очаги КВЭ широко распространены в умеренном климате Евразии - от Дальнего Востока до Западной Европы. Ареал вируса клещевого энцефалита совпадает с ареалом переносчиков инфекции - иксодовых клещей (Ixodespersulcatus, Ixodesricinus), обитающих в лесных и лесостепных биотопах.

Единственным пока надёжным и научно-обоснованным способом профилактики клещевого энцефалита является вакцинация. По оценке экспертов, население регионов сегодня достаточно хорошо информировано о процессе вакцинации, комплексе мер, необходимых для защиты от заболевания и о том, что делать в случае укуса клеща. Тем не менее, ежегодно перед весенне-летним сезоном в эндемичных регионах проводится активная информационная работа с населением посредством СМИ. Но в регионах с невысокими показателями заболеваемости активность населения в области вакцинопрофилактики достаточно низкая (особенно, если вакцинация платная). Поэтому иммунная прослойка населения, сформированная за счёт вакцинации и ревакцинации в 2013-2015 гг. практически не меняется и остаётся на уровне 6% от всего населения.

Общий анализ ситуации с вакцинированием против КВЭ позволил выделить в России 4 основные группы регионов (таблица 1).

Группа 1: регионы с уже реализуемыми программами по вакцинации и, следовательно, достаточной долей иммунной прослойки, которая соответствует показателю «укусы к населению». Это, в первую очередь, Урал и в меньшей степени Дальний Восток. Данная группа имеет достаточно высокий процент «укусы к населению», и самую

высокую долю иммунной прослойки. Однако, необходимо улучшение показателей путем актуализации проблемы среди населения и увеличения финансированиz вакцинации. В эту категорию попадают Курганская и Челябинская области, Приморский край.

Таблица 1 – Показатели рисков заболеваемости КВЭ и вакцинации в 2014-2015 гг. в федеральных округах РФ

| Федеральный округ | ВРП на душу населения | | Укусы клещей (тыс ед.) | | Заболеваемость, % | | Объем вакцинации, абс. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2014 г. | 2015 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2014 г. | 2015 г. |
| ЦФО | 535,4 | 581,9 | 66,1 | 97,2 | 0,1 | 0,16 | 36611 | 31258 |
| СЗФО | 427,9 | 490,3 | 49,2 | 71,7 | 1,83 | 2,17 | 212014 | 218464 |
| ПФО | 308,5 | 333,9 | 87,6 | 101,3 | 0,99 | 1,48 | 335662 | 348099 |
| УФО | 652,9 | 730,6 | 88,2 | 63,3 | 2,24 | 1,75 | 1024306 | 1025760 |
| СФО | 316,3 | 349,5 | 107,9 | 142,2 | 3,99 | 5,47 | 911452 | 1015706 |
| ДФО | 518,2 | 572,2 | 15,4 | 21,5 | 0,4 | 0,55 | 223446 | 210864 |
| Всего по РФ | 403,1 | | 438,5 | 536,7 | 1,15 | 1,45 | 2835240 | 2957043 |

Группа 2: регионы с достаточно большим процентом укусов населения», но с недостаточным уровнем иммунной прослойки (Сибирский ФО). Проблема КВЭ в этих регионах уже достаточно актуальна, но не получила должного финансирования для вакцинации. Необходимо выделить дополнительные средства на вакцинацию. Необходимо так же привлечение внимания руководителей к эндемичности их регионов по КВЭ, низкому уровню защиты населения от инфицирования, трудовым и финансовым потерям региона из-за отсутствия должного уровня вакцинопрофилактики. В эту категорию попадают Красноярский край, Республика Алтай, Республика Хакассия, Новосибирская, Томская и Иркутская области.

Группа 3: регионы с достаточно большим процентом «укусы к населению», но низким уровнем иммунной прослойки (Северо-Западный ФО и Поволжский ФО). Поэтому для повышения уровня иммунной прослойки рекомендуется разработать и реализовать программу информирования населения о заболевании КВЭ через СМИ, чтобы привлечь внимание к проблеме вакцинации. Основной целью такой кампании должно стать информирование населения о последствиях отказа от вакцинации. В эту категорию попадает Ленинградская область.

Группа 4: Центральный ФО – низкий процент «укусы к населению». В данных регионах проблема КВЭ не актуальна в силу низкой эндемичности и заболеваемости. Как следствие, эти регионы имеют низкую потребность в специфической вакцинопрофилактике КВЭ.

Таким образом, проблема клещевого вирусного энцефалита наиболее актуальна в четырех федеральных округах РФ – Сибирском, Уральском, Северо-Западном и Приволжском, где заболеваемость клещевым энцефалитом выше среднего показателя по стране. В данных регионах наблюдается недостаточное финансирование, вакцинация зачастую либо частично бесплатная, либо полностью платная. Уровень вакцинации пока не достигает планового, что сказывается на росте заболеваемости населения.

Однако мы видим, что изменяющиеся климатические условия на планете способствуют миграции клещей в Центральную Россию (например, в ЦФО), что выражается в повышении их активности и увеличении числа обращений граждан за медицинской помощью после укусов. Данный регион является пока не готовым к КВЭ с точки зрения работы с населением, повышения уровня информированности о проблеме КВЭ, а также финансирования вакцинации.

В сложившейся ситуации необходимо помнить, что следствием любого заболевания являются экономические потери общества, государства и отдельных его субъектов, определяемые в денежном выражении и связанные с необходимостью проведения профилактики и лечения болезни. Последняя отражается в виде производственных потерь в результате временной или стойкой нетрудоспособности работников, преждевременной смертности, с болью и страданиями заболевших и членов их семей. По оценкам экспертов, расчетное экономическое бремя, обусловленное заболеваемостью КВЭ в России за один календарный год (при среднегодовой численности больных 3123 человека), составляет 1,26 млрд руб.; при этом КВЭ приводит к потере 4 177 лет трудоспособной жизни из-за смертности [6, С. 54], при этом затраты на вакцинацию в 170 раз ниже экономических потерь от лечения одного случая заболевания клещевым энцефалитом.

В заключение хотелось бы отметить, что сохранение и укрепление здоровья населения может обеспечить только совместная работа центра с субъектами РФ и согласованное взаимодействие всех уровней власти в области определения величины и направленности средств, вкладываемых в профилактические противоэпидемиологические и лечебные мероприятия путём применения дифференцированного подхода с учётом региональных особенностей, а также активизации первичной медицинской помощи, разработки и внедрения инновационных методов диагностики и лечения, системы управления качеством оказываемой помощи.

**Список литературы / References**

1. Бобков В.Н. Методологические подходы к разработке системы социальной стандартизации и опыт ее реализации в Российской Федерации // Уровень жизни населения регионов России. – 2013. – № 4 (182). – С. 3-6.

2. Бушуев В.В. Воспроизводимый капитал и качество жизни – 2009: мир и субъекты Российской Федерации / В.В. Бушуев, В.С. Голубев, А.В. Косьяненко, А.М. Тарко // Уровень жизни населения регионов России. – 2013. – № 4 (182). – С. 63-125

3. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год [Электронный ресурс] URL: http://zdrav.spb.ru/media/komzdrav/documents/document/file/sostoyanie_zdoroviya_naseleniya.pdf (дата обращения

10.10.2017)

4. Мотрич Е.Л. Уровень жизни населения и потенциал социальной сферы в регионах Дальнего Востока России / Е.Л. Мотрич, С.Н. Найден // Уровень жизни населения регионов России. – 2013. – № 1 (179). – С. 18-24.

5. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году. Государственный доклад [Электронный ресурс]. URL: http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/0b3/gosudarstvennyy-doklad-2016.pdf (дата обращения 11.10.2017)

6. Платонов А.Е., Социально-экономическое бремя пяти природно-очаговых инфекций в Российской Федерации / А.Е. Платонов, Н.А. Авксентьев, М.В. Авксентьева, Е.В. Деркач, О.В. Платонова, А.В. Титков, Н.М. Колясникова // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. – 2015. – Т. 8. – № 1. – С. 47-56.

7. Реформа системы здравоохранения оказалась неэффективной. 14.04.2015. Пресс центр Счетной палаты РФ [Электронный ресурс]. URL: http://www.ach.gov.ru/press_center/publications-in-mass-media/21349 (дата обращения 01.10.2017)

8. Россия в цифрах. 2017: Крат.стат.сб. / Росстат. – М., 2017. – 511 с.

9. Симонян Р.Х. Российские экономические реформы 1990-х годов: психологические аспекты / Р.Х. Симонян // Психологический журнал. – 2013. – № 3. – Т. 34. – С. 60-71.

10. Штемберг А.С. Социальный стресс и психологическое состояние населения России / А.С. Штемберг // Пространство и время. – 2014. - № 1 (15). – С. 187-195.

11. Kaplan H. Reciprocal relationships between life events and psychological distress / H. Kaplan, K.R. Damphous // Stress medicine. – 1997. – Vol. 13. – P. 75-90.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Bobkov V.N. Metodologicheskie podhody k razrabotke sistemy sotsialnoi stsndartizatsii i opyt eyo realizatsii v Rossiiskoi Federatsii/ [Methodological approaches to development of the system of social standardization and experience of her realization in the Russian Federation] // Uroven jizni naselenia regionov Rossii [Standard of living of the population of regions of Russia]. – 2013. – № 4 (182). – P. 3-6. [in Russian]

2. Bushuev V.V. Vosproizvodimyi capital I katchestvo jizni – mir i subekty Rossiiskoi Federatsyi [The reproduced capital and quality of life – 2009: world and territorial subjects of the Russian Federation] / V.V. Bushuev, V.S. Golubev, A.V. Kosyanenko, A.M. Tarko // Uroven jizni naseleniia regionov Rossii [Standard of living of the population of regions of Russia]. – 2013. – № 4 (182). – P. 63-125. [in Russian]

3. Doklad o sostoyanii zdorovya nasejenya I organizatsii zdravoohranenia ro itogam deyatelnosti organov ispolnitelnoi vlasty subektov Rossiiskoi Federatsyi za 2013 god [Electronic resource] - URL: http://zdrav.spb.ru/media/komzdrav/documents/document/file/sostoyanie_zdoroviya_naseleniya.pdf (accessed 10.10.2017). [in Russian]

4. Motrich E.L. Uroven jizni naselenia i potentsial sotsialnoi sphery v regionah Dalnego Vostoka Rossii [The standard of living of the population and capacity of the social sphere in regions of the Far East of Russia] / E.L.Motrich, S.N.Naiden Uroven jizni naselenia regionov Rossii / [Standard of living of the population of regions of Russia]. – 2013. – № 1 (179). – P. 18-24. [in Russian]

5. Osostoianii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchia nasejenia v Rossiiskoi Federatsyi v 2016 godu/ Gosudarstvennii doklad. [About a condition of sanitary and epidemiologic wellbeing of the population in the Russian Federation in 2016. State report] [Electronic resource] - URL: http://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/0b3/gosudarstvennyy-doklad-2016.pdf (accessed 11.10.2017) [in Russian]

6. Platonov A.E. Sotsialno-ekonomitcheskoe bremya pyati prirodno-otchagovyh infektsyi v Rossiiskoi Federatsyi [Social and Economic Burden of Five Natural Focal Infections in the Russian Federaition] / A.E. Platonov, N.A. Avksentyev, M.V. Avksentyeva, E.V. Derkach, O.V. Platonova, A.V. Titkov, N.M. Kolyasnikova // Farmaeconomica. Sovremennaia farmakoeconomica i farmakoepidemiologiya [Pharmaeconomics. Modern pharmacoeconomics and pharmacoepidemiology]. – 2015. – Vol. 8. – № 1. P. 47-56. DOI: 10.17749/2070-4909.2015.8.1.047-056 [in Russian]

7. Reforma sistemy zdravoohranenia okazalas neeffektivnoi. 14.04.2015. Press centr Schetnoi palaty Rossijskoi Federatsii [The Reform of a health care system was inefficient. 4/14/2015. Press center of Audit Chamber of the Russian Federation] [Electronic resource] - URL: http://www.ach.gov.ru/press_center/publications-in-mass-media/21349 (accessed 01.10.2017) [in Russian]

8. Rossia v cifrah. 2017: Kratkii stat. Sbornik / Rosstat [Russia in figures. 2017: Short statistical collection] – M., 2017. – 511 p.

9. Simonyan R.H. Rossiiskie ekonomicheskie reformy 1990-h godov: psihologicheskie aspekty [Russian economic reforms of the 1990th years: psychological aspects] / R.H. Simonyan // Psyhologicheskii jurnal [Psychological Journal]. – 2013. – № 3. - Vol. 34. - P. 60-71. [in Russian]

10. Shtemberg A.S. Socialnyi stress i psihologicheskoe sostyanie naselenia Rossii [The Social stress and psychological state of the population of Russia] / A.S. Shtemberg // Prostranstvo i vremya [Space and Time]. – 2014. - № 1 (15). – P. 187-195. [in Russian]

11. Kaplan H. Reciprocal relationships between life events and psychological distress / H. Kaplan, K.R. Damphous // Stress medicine. – 1997. – Vol. 13. – P. 75-90.

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.083**

**Киреева М.М.**
ORCID: 0000-0002-5516-7727,
Ивановский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова

# АНАЛИЗ КАТЕГОРИИ «ДОМОХОЗЯЙСТВО» В РАМКАХ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО И НЕОИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА

***Аннотация***

*В статье исследуется категория «домохозяйство» в рамках институционального и неоинституционального подхода. С точки зрения институционального подхода домохозяйство рассматривается как форма социальной организации семьи, которая является институтом – основой домохозяйства. Предметом исследования в работах институционалистов выступает внутренняя структура домохозяйства, а именно межличностные отношения в семье на основе формальных и неформальных норм, а также взаимодействие с внешней средой. В неоинституционализме домохозяйство описывается как хозяйствующий субъект, действующий в определенной институциональной среде, особенности которой не изучались в полной мере традиционными институционалистами. Предметом исследования в неоинституционализме выступает влияние институциональной среды на домохозяйство и его стратегии поведения в ней.*

**Ключевые слова:** домохозяйство; институционализм; неоинституционализм; институт; экономическая категория.

**Kireeva M.M.**
ORCID: 0000-0002-5516-7727
Ivanovo branch of the Plekhanov Russian University of Economics

# ANALYSIS OF THE "HOUSEHOLD" CATEGORY IN THE FRAMEWORK OF THE INSTITUTIONAL AND NEO-INSTITUTIONAL APPROACH

***Abstract***

*The article examines the "household" category in the framework of the institutional and neo-institutional approach. From the stand point of institutional approach, the household is considered as a form of social organization of the family, which is the institution - the basis of the household. The subject of research in the work of institutionalists is the internal structure of the household, namely interpersonal relations in the family on the basis of formal and informal norms, as well as interaction with the external environment. In neo-institutionalism, a household is described as an economic entity operating in a specific institutional environment, the characteristics of which have not been fully studied by traditional institutionalists. The subject of research in neo-institutionalism is the influence of the institutional environment on the household and its behavioral strategies in it.*

**Keywords:** household; institutionalism; neo-institutionalism; institute; economic category.

**Введение.** Экономическое понимание категории «домохозяйство» формировалось в процессе эволюции взглядов ученых таких школ как классическая, неоклассическая, кейнсианская, марксистская, институциональная, неоинституциональная, а также в рамках организационно-производственного и адаптационного направлений. Изучение категории «домохозяйство» представителями разных школ позволяет найти его точное определение, выделить особенности функционирования в экономике, сформировать наиболее приемлемые пути решения проблем экономического характера общества. Схематично теоретические подходы и направления исследования категории «домохозяйство» представим в виде рис. 1.

Цель данной статьи заключается в выявлении сущности и специфики функционирования домохозяйств в качестве института в институционализме и неоинституционализме.

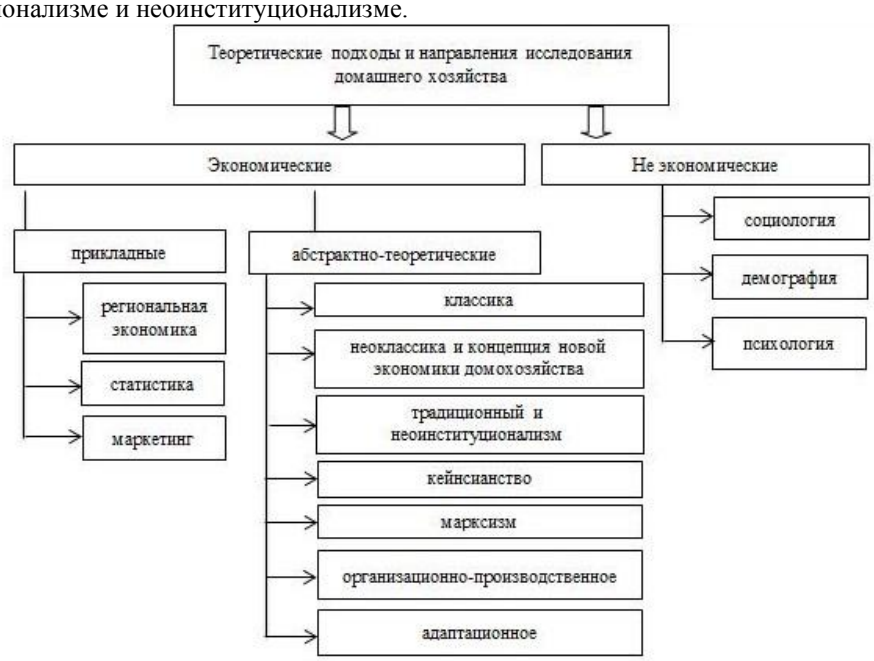



Рис. 1 – Теоретические подходы и направления исследования категории «домохозяйство» [1, С. 141]

Институционализм – одна из экономических теорий, ключевым понятием которой выступает «институт». Трактовка и методология его исследования значительным образом отличаются на различных этапах развития институционализма: 1 этап - традиционный институционализм, 2 этап - неоинституциональная экономика, 3 этап - новая институциональная экономика.

**Анализ категории «домохозяйство» в рамках традиционного институционализма.** В традиционном институционализме категория «домохозяйство» представлена в качестве формы социальной организации семьи, которая является институтом – основой домохозяйства. Домохозяйство также выступает институтом, но семья представляет собой социальный институт, а домохозяйство – экономический, имеющий зачастую более сложную структуру, чем семья. Оба института формируются путем взаимодействия индивидов друг с другом. Институты, в свою очередь, влияют на индивидов через систему норм, привычек, ориентиров. Поэтому предметом исследования в работах институционалистов выступает внутренняя структура домохозяйств – межличностные отношения в семье на основе формальных и неформальных норм, взаимодействие с внешним институциональным окружением. Институты семьи и домохозяйства имеют как общие признаки, так и существенные различия.

Семья имеет такие признаки как: группа людей, объединяемая семейно-родственными связями (родственники, супруги с детьми или без них), совместное или отдельное проживание, общий или раздельный бюджет, разные цели, задачи, ресурсы достижения цели у членов семьи, взаимная помощь или ее отсутствие, семья – это социальная структура (социальная система). Домохозяйство имеет следующе характеристики: группа людей, объединенная общностью интересов, целей (семейная пара, несемейная пара, коллеги или друзья, живущие вместе и ведущие общее хозяйство), или индивид, совместное проживание, общий бюджет, ресурсы, взаимная помощь и общая ответственность, домохозяйство – это хозяйствующий субъект (экономический агент) [2, С. 161].

Индивиды семьи и домохозяйства характеризуются тесной взаимозависимостью друг от друга, оказывают друг на друга влияние, взаимодействуют с внешним окружением, образуя целостную единую систему. Этим определяется основное сущностное свойство института в традиционном институционализме. Такой целостный подход к исследованию институтов представляет собой методологический принцип традиционного институционализма – холизм. В соответствии с ним домохозяйство и семья являются подсистемами системы более высокого уровня – общество и не могут существовать изолированно. На поведение членов семьи и домохозяйства будет оказывать влияние внешнее социальное и экономическое окружение. Таким образом, традиционный институционализм изучает всю совокупность связей и отношений внутри системы и вне ее.

Т. Веблен, основатель данного направления, исследовал принятые в обществе формы человеческой деятельности. Потребительское поведение домохозяйств рассматривалось им с учетом различных психологических, культурных и иных факторов [3, С. 24] Ученый объяснял поведение домохозяйств в экономике с точки зрения применения их творческих способностей, желанием заботиться о членах домохозяйства, демонстративным расточительством. Веблен при изучении домохозяйств использовал методы психологии, социологии и пр., что позволяло ему точнее определить сам предмет изучения.

Дж. Гэлбрейт – также представитель институционализма писал, что домохозяйство отвергает индивидуальность и личные предпочтения того или иного члена семьи [4, С. 62], что мотивация, ценности и убеждения членов домохозяйств зависят от интересов крупных производителей, желающих контролировать рынок и, воздействующих на домохозяйства в соответствии со своими нуждами [6, С. 58]. Р. Липси и П. Стейнер обозначают, что потребитель - это группа индивидов, образующих домохозяйство [5, С. 71].

Таким образом, традиционный институционализм основан на изучении общества и его элементов (семей, домохозяйств и пр.), экономических отношений и хозяйственного механизма как единой сложной социально-экономической системы – целостной реальности, которая находится в движении. Такой подход к изучению подсистемы домохозяйств в системе имеет ряд преимуществ: домохозяйство рассматривается в тесной взаимосвязи с семьей, с традициями и нормами, существующими в обществе и определяющими действия хозяйствующих субъектов; деятельность домохозяйства можно изучать, во-первых в качестве экономического агента, а во-вторых - в качестве представителя некой социальной группы; его развитие идет параллельно с развитием всей системы, соответственно можно проследить взаимозависимость направлений развития домохозяйств при изменении общества как системы. Сущность домохозяйств в традиционном институционализме представлена на рисунке 2.

Рис. 2 – Сущность домохозяйств в традиционном институционализме

**Анализ категории «домохозяйство» в неоинституциональной экономике и новой институциональной экономике.** Вслед за традиционным институционализмом появляется неоинституциональная экономика, основателем которой считается Р. Коуз. Р. Коуз, Д. Бьюкенен, Д. Норт считаются представителями второго этапа развития институционализма. Неоинституциональная экономика признает фундаментальные принципы и методологию неоклассиков и отвергает лишь ее наиболее нереалистичные методологические предпосылки.

В противовес неоклассике представители неоинституциональной экономики считали, что одни домохозяйства как экономические агенты знают больше, чем другие, их действия не могут быть сугубо индивидуальными, они всегда подвержены влиянию внешней среды и пр. Кроме того, в рамках неоинституциональной экономики появилась теория трансакционных издержек, согласно которой институты призваны минимизировать трансакционные издержки (затраты времени, денег, психической энергии и пр. при передаче прав собственности), а также улучшить координацию и кооперацию людей в условиях неопределенности.

Д. Норт описывает институт как определенные правила поведения в обществе, созданные человеком ограничительные рамки, которые нормируют систему отношений между индивидами. При этом домохозяйство описывается им как хозяйствующий субъект, действующий в определенном институциональном окружении, особенности которого не изучались в полном объеме традиционными институционалистами [7, С. 69-91].

Представителями новой институциональной экономики являются Г. Саймон и О. Уильямсон. Г. Саймон разработал концепцию ограниченной рациональности. Согласно ей домохозяйства не имеют средств для максимизации полезности и потому стремятся достичь хотя бы удовлетворенности. О. Уильямсон сформулировал понятие оппортунистического поведения, т.е. домохозяйства, максимизирующие полезность, будут предоставлять услуги меньшего объема или худшего качества, если это даст им прибыль [8, С. 100].

Таким образом, подчеркивается, что домохозяйства действуют в условиях высоких трансакционных издержек, плохо определенных прав собственности и ненадежных контрактов, им необходимо учитывать риск и неопределенность.

**Анализ категории «домохозяйство» современными российскими неоинституционалистами.** Современные российские ученые (Бражникова Н.Г., Денисова Д.Е., Иванова Н.А. и др.), придерживающиеся неоинституционального подхода при анализе деятельности домохозяйств, рассматривают домохозяйство в тесной взаимосвязи с институциональной средой, предлагают разнообразные стратегии поведения в рамках меняющейся институциональной среды.

Бражникова Г.Н. делает вывод о том, что институциональная модель домохозяйства определяется стратегией экономического человека, стремящегося максимизировать свою целевую функцию, но имеющего ограничения по ресурсам. Кроме того, ни одно домохозяйство не может в полной мере адаптироваться к новым условиям функционирования без адекватной поддержки со стороны рыночных институтов. К институтам, по словам Бражниковой Г.Н., во-первых, относятся устойчивые связи и отношения, закрепленные в социальных нормах, традициях и культуре общества, во-вторых, такие экономические категории как государство, нравы, предпринимательство, частная собственность, кредит и семья [9, С. 8].

Бражникова Г.Н. утверждает, что домохозяйство, как и все неформальные институты, носит локальный, персонифицированный характер, а все формальные институты (например, законодательная база) предлагают деперсонификацию взаимодействий, происходит переход от локального к «большому» обществу [9, С. 23]. Если подобных формальных институтов не будет, то члены домохозяйства будут использовать неформальные нормы поведения, что может отрицательно сказаться на обществе. Признается исключительность института домохозяйства, но при участии формальных институтов (государственная политика, социальная инфраструктура, конъюнктура рынка и т.п.) в регулировании их деятельности и в целом рыночных преобразований.

Денисова Е.В. трактует категорию института домохозяйства как основанного на строго упорядоченном и согласованном наборе предпочтений, а его поведение – как оптимизирующее действие по максимизации целевой функции (полезности), находящегося в прямой зависимости от всей социальной и институциональной среды, что характеризует его как «ценностно-рациональный» субъект. Основными категориями, используемыми в работе, являются семья, как самый консервативный социально-экономический институт, домохозяйство, как субъект рыночных отношений, подвижный и адаптирующийся к внешней среде, стратегия поведения домохозяйств, как конкретная модель инвестирования денежных средств в различные сектора экономики, привычки и рутины, как некие особые правила и шаблоны поведения, которые соблюдают домохозяйства [10, С. 5].

Денисовой Е.В. предложены для рассмотрения три стратегии поведения домохозяйств в условиях трансформации общества и экономической системы: рыночно-ориентированная, традиционалистическая и пролетарская [10, С. 12-13]. По нашему мнению, необходимо стратегии поведения домохозяйств подразделять на рыночные, ориентированные во внешнюю институциональную среду, и не рыночные, ориентированные во внутреннюю среду.

Денисова Е.В. приходит к выводу, что даже если домохозяйство определит для себя приоритетом предпринимательскую деятельность, то действовать будет все равно в рамках привычек, рутин или по аналогии с другими экономическими субъектами (другими домохозяйствами). Этот вывод, на наш взгляд, является спорным, т.к. уже есть примеры уникальных по своей природе предпринимательских идей и индивидуальных, не похожих на другие предприятия, организованных домохозяйствами в рамках региональной экономики, например, гостевые дома.

Иванова Н.А. делает вывод о том, что независимо от модели поведения домохозяйства на рынке, для дальнейшего его развития необходимо создание такой институциональной среды, в которой сокращается экономическая зависимость домохозяйств от государства [11, С. 111]. По нашему мнению, зависимость домохозяйств от государства предполагает обязательства государства по регулированию экономических отношений домохозяйств с другими субъектами рынка с помощью соответствующей нормативно-правовой базы, установления правил и норм экономического поведения всех участников экономических отношений, осуществление частно-государственного партнерства, меры в области занятости, образования и здравоохранения, а эти виды зависимости ни в коем случае нельзя сокращать, их необходимо выводить на новый уровень, развивать саму институциональную среду.

В целом сущность домохозяйства, как института в неоинституционализме представим в виде рисунка 3.

Рис. 3 – Сущность домохозяйства в неоинституционализме

Таким образом, домохозяйство не может существовать отдельно от институциональной среды, в любом случае на функционирование домохозяйства будут влиять как формальные, так и неформальные институты в той или иной степени. Члены домохозяйств сами решают, с какими институтами усиливать взаимодействие, а с какими сокращать. Внутри домохозяйства аналогичная ситуация – члены домохозяйства могут сохранить определенные семейные традиции или обычаи, а могут уйти от традиционных путей развития и роста.

**Список литературы / References**

1. Смирнова М.М. Эволюция взглядов на категорию «домохозяйство» в рамках классической и неоклассической экономических школ / М.М. Смирнова // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. - 2016. - Т. 2. - № 2. - С. 141

2. Смирнова М.М. Теоретико-экономические исследования и взаимосвязь категорий «домохозяйство», «семья» и «семейный бизнес» / М.М. Смирнова // В сборнике: Наука в современном информационном обществе Материалы VIII международной научно-практической конференции. н.-и. ц. «Академический». - 2016. - С. 159-162.

3. Веблен Т. Теория праздного класса / Под общ. ред. В.В. Мотылевой. – М.: Изд. Прогресс. - 1984. - С. 24

4. Гэлбрейт Дж. Новое индустриальное общество. - М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Транзиткнига»; СПБ.: TERRA Fantastica, 2004. - С. 62

5. Липси Р., Стейнер П. Экономика. - 2-е изд. / пер. с англ. – М.: Наука, 1986. - С. 71

6. Гэлбрейт Дж. Новое индустриальное общество. - М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Транзиткнига»; СПБ.: TERRA Fantastica, 2004. С. 58.

7. Норт Д. Институты и экономический рост: историческое поведение // THESIS, 1993. – Выпуск 2. - С. 69-91

8. Уильямсон О. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, «отношенческая» контрактация. Спб.: Лениздат., 1995. – 112 с. – С. 100

9. Бражникова Г.Н. Институциональные основы воспроизводственной деятельности домашних хозяйств: дис. …канд. экон. наук: 08.00.01.: защищена 05.08.2005 / Бражникова Галия Наильевна. – Ростов-на-Дону, 2005. - 171 с. - С. 8, 23

10. Денисова Е.В. Институциональный аспект формирования сектора домохозяйств в условиях трансформирующейся экономики: дис. … канд. экон. наук: 08.00.01: защищена 10.10.2004 / Денисова Екатерина Владимировна. - Тамбов, 2004. - 149 с. - С. 5, 12-13

11. Иванова Н.А. Развитие домохозяйств как института трансформационной экономики: дис. … канд. экон. наук: 08.00.01: защищена 09.05.2009 / Иванова Наталья Алексеевна. - Оренбург, 2009. – 211 с. - С. 111

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Smirnova M.M. Evolyutsiya vzglyadov na kategoriyu «domokhozyaystvo» v ramkakh klassicheskoy i neoklassicheskoy ekonomicheskikh shkol [Evolution of views on the category of «household» in the framework of classical and neoclassical economic schools] / M.M. Smirnova // Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva [Bulletin of the Volzhsky University named after. V.N. Tatishcheva]. – 2016. - V. 2. - № 2. - P. 141. [in Russian]

2. Smirnova M.M. Teoretiko-ekonomicheskiye issledovaniya i vzai-mosvyaz' kategoriy «domokhozyaystvo», «sem'ya» i «semeynyy biznes» [Theoretical and economic research and interconnection of categories «household», «family» and «family business»] / M.M. Smirnova // V sbornike: Nauka v sovremennom informatsionnom obshchestve Materialy VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. n.-i. ts. «Akademicheskiy» [In the collection: Science in the modern information society. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. n.-. c. «Academic»]. - 2016. - P. 159-162. [in Russian]

3. Veblen T. Teoriya prazdnogo klassa [Theory of the idle class] / Under the general. Ed. V.V. Butterfly. - Moscow: Izd. Progress. - 1984. - P. 24. [in Russian]

4. Galbraith J. Novoye industrial'noye obshchestvo [New Industrial Society]. - M .: OOO «Izdatelstvo AST»: OOO «Transitkniga»; SPB .: TERRA Fantastica, 2004. - P. 62. [in Russian]

5. Lipsi R., Steiner P. Ekonomika [Economics]. - 2 nd ed. / trans. with English. - Moscow: Nauka, 1986. - P. 71. [in Russian]

6. Galbraith J. Novoye industrial'noye obshchestvo [New Industrial Society]. - M .: OOO «Izdatelstvo AST»: OOO «Transitkniga»; SPB .: TERRA Fantastica, 2004. - P. 58. [in Russian]

7. North D. Instituty i ekonomicheskiy rost: istoricheskoye povedeniye [Institutions and Economic Growth: Historical Behavior] // THESIS, 1993. - Issue 2. P. 69-91. [in Russian]

8. Williamson O. Ekonomicheskiye instituty kapitalizma. Firmy, rynki, «otnoshencheskaya» kontraktatsiya [Economic Institutions of Capitalism. Firms, markets, «relative» contracting]. Spb .: Lenizdat., 1995. - 112 p. - P. 100

9. Brazhnikova G.N. Institutsional'nyye osnovy vosproizvodstvennoy deyatel'nosti domashnikh khozyaystv [Institutional bases of the reproductive activity of households]: dis. ...of PhD in Economics: 08.00.01 .: it is protected 05.08.2005 / Brazhnikova Galiya Najljevna. - Rostov-on-Don, 2005. - 171 p. - P. 8, 23. [in Russian]

10. Denisova E.V. Institutsional'nyy aspekt formirovaniya sektora domokhozyaystv v usloviyakh transformiruyushcheysya ekonomiki [Institutional aspect of the formation of the household sector in the conditions of a transforming economy]: dis. ...of PhD in Economics: 08.00.01: it is protected 10.10.2004 / Denisova Ekaterina Vladimirovna. - Tambov, 2004. - 149 p. - P. 5, 12-13. [in Russian]

11. Ivanova N.A. Razvitiye domokhozyaystv kak instituta transformatsionnoy ekonomiki [Development of households as an institution of the transformational economy]: dis. ... of PhD in Economics: 08.00.01: it is protected 09.05.2009 / Ivanova Natalia Alekseevna. - Orenburg, 2009. - 211 p. - P. 111. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.008**

**Коберник Е.Г.[1], Ахметова Г.З.[2]**
[1]ORCID: 0000-0002-0188-0156, аспирант,
[2]ORCID: 0000-0003-2918-1127, кандидат экономических наук, доцент,
Омский государственный технический университет

# ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ МОТИВАЦИИ СОТРУДНИКОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ

***Аннотация***

*Рассматриваются уровни результативности в организации. Актуализируется проблема повышения индивидуальной результативности персонала как основа организационной результативности. Приводятся направления индивидуализации мотивации сотрудников в контексте организационной результативности такие, как система ключевых показателей эффективности (KPI), система грейдов. Указаны преимущества использования системы KPI и грейдинга в современных организациях. Обосновывается использование грейдинга для определения базовой части заработной платы и системы KPI – для переменной.*

**Ключевые слова:** индивидуальная результативность, организационная результативность, индивидуализация мотивации, система грейдов, система ключевых показателей эффективности.

**Kobernik E.G.[1], Akhmetova G.Z.[2]**
[1]ORCID: 0000-0002-0188-0156, Postgraduate student, Omsk State Technical University
[2]ORCID: 0000-0003-2918-1127, PhD in Economics, Associate professor, Omsk State Technical University

# INDIVIDUALIZATION OF MOTIVATION OF EMPLOYEES AS FACTOR INCREASING ORGANIZATIONAL PERFORMANCE

***Abstract***

*The levels of performance in the organization are considered in the paper. The problem of increasing the individual performance of staff as a basis for organizational effectiveness is updated. Directions of individualization of staff motivation in the context of organizational effectiveness are given, such as the system of key performance indicators (KPI), and grading system. The advantages of using the KPI system and grading in modern organizations are indicated. The use of grading for determining the basic part of wages and the KPI system for a variable is justified.*

**Keywords:** individual effectiveness, organizational effectiveness, individualization of motivation, grading system, system of key performance indicators.

Ведущей задачей современной организации становится всестороннее использование потенциала своих сотрудников, поэтому существующие управленческие технологии перенаправляются в сторону системы мотивации персонала, учитывающей индивидуальные мотивы работников. В связи с этим все большую актуальность приобретает индивидуализация мотивации персонала, которая, в свою очередь, способствует повышению как индивидуальной результативности труда каждого сотрудника, так и организационной результативности.

В организации можно выделить три основных уровня результативности – организационная, групповая и индивидуальная результативность. Первый уровень представлен индивидуальной результативностью работников, рассматриваемой в контексте интеграции мотивации человека к целенаправленной деятельности в организации и его компетенций. Большинство организаций являются группообразующими для своих сотрудников, тем самым объединяя их в рамках организационных подразделений, таким образом, второй уровень характеризует групповая результативность. В свою очередь организация состоит из подразделений, что предопределяет организационную результативность. Под организационной результативностью понимается «степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов».

Существует мнение, что наиболее высокой результативностью обладают организации, успешно использующие в своей внутриорганизационной кадровой политике взаимосвязь между индивидуальной результативностью каждого своего работника с его вознаграждением, между общим результатом организационной деятельности и конкретным вкладом каждого работника [1]. Таким образом, индивидуализация мотивации персонала является основополагающим фактором повышения организационной результативности.

Многие современные организации используют в рамках собственной деятельности систему индивидуальной мотивации персонала на базе KPI (Key Perfomance Indicator) – ключевых показателей эффективности (КПЭ), основой которой является методика оценки результативности работников и создания механизмов определения размера денежного вознаграждения каждого. Формирование переменной части заработной платы на основе КПЭ способствует мотивации сотрудника и повышению индивидуальной результативности, побуждая его к более активному участию в результатах и достижениях трудового коллектива, к реализации стратегических целей компании.

Существуют неоспоримые аргументы при использовании системы ключевых показателей эффективности для индивидуализации мотивации работников:

– установка на результат – зависимость вознаграждения работника за результативное выполнение работы, приводящей в свою очередь к высокому организационному результату;

– управляемость – перенаправление стараний работников без существенных преобразований организационной системы управления при динамичности внешней среды;

– справедливость – проведение руководством справедливой оценки вклада работника в общий организационный результат и пропорциональное распределение рисков между организацией и сотрудником;

– понятность – взаимосвязанность вознаграждения и его размера с персональной результативностью работника в условиях понятности и доступности данной информации;

– неизменность – выстраивание каждым сотрудником персональной работы согласно с системе организационной мотивации. Непредвиденные преобразования в системе мотивации организации негативно сказываются на доверии к организации со стороны персонала, так как некоторая часть усилий сотрудника в этом случае может оказаться нецелесообразной [6, С. 10].

К основным результатам российских компаний, использующих систему KPI, можно отнести следующие:

– рост выручки за счет направленности на клиентов;
– снижение потери клиентов и, как следствие, рост прибыли;
– снижение постоянных и переменных затрат;
– существенное повышение производительности труда;
– сокращение продолжительности бизнес-процессов;
– повышение качества продукции (услуг);
– рост прибыли под влиянием вышеперечисленных факторов;
– улучшение конкурентных преимуществ предприятия [6, С. 22].

Таким образом, рациональное использование системы KPI, направленной на оценку индивидуальной результативности персонала, существенно повышает организационную результативность.

Одним из современных направлений индивидуализации мотивации работников является грейдирование. В.П. Чемеков определяет данное понятие как «группировку должностей по определенным основаниям (определение «веса», классификация и пр.) с целью стандартизации оплаты труда в организации» или как способ тарификации [10, С. 16].

Данный метод формирования заработной платы является универсальным, поскольку увязывает одновременно интересы работодателя и сотрудника. Практически каждое предприятие формирует систему мотивации персонала на основе организационных целей, но стремится при этом удержать результативных сотрудников, желающих получать максимально возможное вознаграждение за собственную трудовую деятельность. Именно поэтому грейдинговая система позволяет взаимно увязывать оплату труда как с организационными целями, так и с целями персонала, при этом помогает решить проблемы системы мотивации.

Суть грейдинговой системы заключается в оценке всех организационных должностей по широкому ряду критериев, среди которых можно особо выделить уровень ответственности, требования к квалификации, влияние на финансовый результат и т.д., что зависит от специфики деятельности организации.

Итогом является создание систематизированной таблицы функционально-должностных уровней, которая представляет собой иерархию должностей в зависимости от их ценности для организации. Для каждого грейда определяется так называемая «вилка» оплаты и объем социальных льгот и гарантий. Среди главных преимуществ грейдинговой системы наиболее существенными являются понятность, справедливость и управляемость оплаты труда сотрудников.

Используя грейдинг в качестве системы мотивации персонала, организация устанавливает зависимость вознаграждения сотрудника не только от индивидуального, но и от группового различия при выполнении своих функций. При этом вознаграждение работника напрямую зависит от эффективности его деятельности как для организации в целом, так и для самого сотрудника.

По мнению многих специалистов, грейдирование способствует росту мотивации работников организации благодаря повышению действенности системы оплаты труда.

В связи с тем, что практически во всех российских организациях основным инструментом индивидуальной мотивации является заработная плата, предлагается к практическому использованию формирование заработной платы на основе грейдинговой системы и ключевых показателей эффективности. При этом базовый оклад каждого работника определяется индивидуально согласно его грейду, учитывающему, помимо квалификации и стажа, другие значимые факторы такие, как сложность принимаемых решений, уровень управленческой и финансовой ответственности и другие. Переменная часть стоится на основе показателей KPI, тем самых характеризуя индивидуальный вклад сотрудника в результативность организации в целом.

Таким образом, индивидуализация мотивации персонала современной организации выступает одним из важнейших направлений системы управления персоналом и необходима для повышения результативности организации в целом. При этом объективной необходимостью выступает система ключевых показателей эффективности (KPI) и грейдирование в качестве оценки индивидуальной результативности сотрудников организации и построении на ее основе системы мотивации.

**Список литературы / References**

1. Армстронг М. Управление результативностью: Система оценки результатов в действии / Майкл Армстронг, Анжела Бэрон; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 250 с.

2. Белкин В.Н. Основы сбалансированности систем стимулов и мотивов труда персонала предприятия / Белкин В.Н. [и др.] // Вестник Челябинского государственного университета. – 2014. – № 2 (331). – С. 56-64.

3. Белкин В.Н. Теория и практика оценки коллективного и индивидуального труда / Белкин В.Н. [и др.] // Вестник СГТУ. – 2012. – № 4 (68). – С. 288–299.

4. Ветлужских Е. Н. Мотивация и оплата труда: Инструменты. Методики. Практика / Е.Н. Ветлужских. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 148 с.

5. Каплан Р.С. Сбалансированная система показателей / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. – М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2003. – 215 с.

6. Клочков А. К. KPI и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов / А.К. Клочков. – М.: «Эксмо», 2010. – 160 с.

7. Панкратов А. Результативность как оценка управленческого труда. Управленческий труд в системе государственной, муниципальной службы и бизнес-структурах / А. Панкратов. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., Germany, 2012. – 244 с.

8. Парментер Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / Д. Парментер [Пер. с англ. А. Платонова]. – М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2008. – 288 с.

9. Чекмарев О.П. Мотивация трудовой деятельности: анализ личных издержек / О.П. Чекмарев. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., Germany, 2012. – 421 с.

10. Чемеков В.П. Грейдинг: технология построения системы управления персоналом / В.П. Чемеков. – М.: «Вершина», 2007. – 208 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Armstrong M. Upravlenie rezul'tativnost'ju: Sistema ocenki rezul'tatov v dejstvii [Performance Management: Results Evaluation System in Action] / Majkl Armstrong, Anzhela Bjeron; Trans. with English. – M.: Al'pina Pablisher, 2011. – 250 p. [in Russian]

2. Belkin V.N. Osnovi sbalansirovannosti sistem stimulov i motivov truda personala predpriyatiya [Fundamentals of the balance of incentive systems and motives for the work of the personnel of the enterprise] / Belkin V.N. [and others] // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Chelyabinsk State University]. – 2014. – № 2 (331). – P. 56 – 64. [in Russian]

3. Belkin V.N. Teoriya i praktika ocenki kollektivnogo i individualnogo truda [Theory and practice of evaluating collective and individual labor] / Belkin V.N. [and others] // Vestnik SGTU [Bulletin of the CSTU]. – 2012. – № 4 (68). – P. 288–299. [in Russian]

4. Vetlujskih E. N. Motivaciya i oplata truda: Instrumenti. Metodiki. Praktika [Motivation and remuneration: Tools. Techniques. Practice] / E.N. Vetlujskih. – M.: Alpina Biznes Buks, 2008. – 148 p. [in Russian]

5. Kaplan R.S. Sbalansirovannaya sistema pokazatelei [Balanced scorecard] / R.S. Kaplan, D.P. Norton. – M: ZAO «Olimp–Biznes», 2003. – 215 p. [in Russian]

6. Klochkov A. K. KPI i motivaciya personala. Polnii sbornik prakticheskih instrumentov [KPI and staff motivation. A complete collection of practical tools] / A.K. Klochkov. – M.: «Eksmo», 2010. – 160 p. [in Russian]

7. Pankratov A. Rezultativnost kak ocenka upravlencheskogo truda. Upravlencheskii trud v sisteme gosudarstvennoi, municipalnoi slujbi i biznes-strukturah [Performance as an evaluation of managerial work. Managerial work in the system of state, municipal service and business structures] / A. Pankratov. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., Germany, 2012. – 244 p. [in Russian]

8. Parmenter D. Klyuchevie pokazateli effektivnosti. Razrabotka, vnedrenie i primenenie reshayuschih pokazatelei [Key performance indicators. Development, implementation and application of decisive indicators] / D. Parmenter [translation from English by A. Platonov]. – M.: ZAO «Olimp–Biznes», 2008. – 288 p. [in Russian]

9. Chekmarev O.P. Motivaciya trudovoi deyatelnosti: analiz lichnih izderjek [Motivation of work: an analysis of personal costs] / O.P. Chekmarev. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., Germany, 2012. – 421 p. [in Russian]

10. Chemekov V.P. Greiding: tehnologiya postroeniya sistemi upravleniya personalom [Grading: technology of building a personnel management system] / V.P. Chemekov. – M.: «Vershina», 2007. – 208 p. [in Russian]

WorldCat®

*«Международный научно-исследовательский журнал» включен в базу данных **WorldCat**.*

***WorldCat** — крупнейшая в мире библиографическая база данных, насчитывающая свыше 240 млн записей о всех видах произведений на 470 языках мира. База создается совместными усилиями более чем 72 тыс. библиотек из 170 стран мира в рамках организации OCLC.*

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.166**

**Лебедев Ю.А.,[1] Пельченков М.В.[2]**
[1]Кандидат экономических наук, профессор, [2] аспирант,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

# АНАЛИЗ ПРОГРАММ СТИМУЛИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ: РОССИЙСКИЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

***Аннотация***

*В статье рассмотрены основные аспекты стимулирования энергоэффективности в России и за рубежом.*

*Проанализированы системы нормирования энергетической эффективности, действующие на территории Евросоюза, опирающиеся на директиву 2010/31/ЕС Европарламента. Также рассмотрены некоторые меры, направленные на снижение энергопотребления, предусмотренные европейским законодательством. Проведен анализ государственной программы РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики». Сделан вывод, что госпрограммой не учитывается ряд важных показателей, способных более развернуто отразить энергоэффективность региональной и муниципальной экономики. Предложено использование ряда показателей, способных восполнить этот пробел. Предложены некоторые меры воздействия на потребителей энергоносителей с целью снижения потребляемых ресурсов.*

**Ключевые слова**: энергосбережение, энергетическое стимулирование энергосбережения, энергоэффективные технологии, потребление энергии, нормирование, классы энергосбережения, показатели энергоэффективности.

**Lebedev Yu.A.,[1] Pelchenkov M.V.[2]**
[1]PhD in Economics, Professor,
FSAEI “Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod”
[2]Postgraduate Student, FSAEI “Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod”

# ANALYSIS OF STIMULATION PROGRAMS AND NORMS OF ENERGY EFFICIENCY: RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE

***Abstract***

*The article considers the main aspects of energy efficiency stimulation in Russia and abroad.*

*Energy efficiency rating systems operating on the territory of the European Union based on Directive 2010/31/EC of the European Parliament are analyzed in the paper. Some measures aimed at reducing energy consumption, as envisaged by the European legislation, are considered. The analysis of the state program of the Russian Federation “Energy Efficiency and Energy Development” was conducted. It is concluded that the existing state program does not take into account a number of important indicators capable of presenting the energy efficiency of the regional and municipal economy in more detail. A number of indicators aimed at filling this gap are proposed. Some measures of influence on consumers of energy carriers with the purpose of decreasing the level of consumed resources are offered.*

**Keywords**: energy saving, energy incentives for energy saving, energy efficient technologies, energy consumption, rationing, energy efficiency classes, energy efficiency indicators.

Учитывая современные условия, в которых приходится работать отечественным предприятиям, а также повышение требований законодательства по энергоэффективности и энергосбережению, значимое место занимает комплекс нормативов, направленных на повышение энергоэффективности зданий, сооружений, имущественных комплексов, а также государственных программам стимулирования энергоэффективности и снижения энергопотребления.

Последние исследования показывают, что отечественное законодательство не отвечает всем необходимым стандартам, предъявляемым к современным энергоэффективным хозяйственным комплексам, зданиям, учреждениям.

Многие нормативные документы, строительные нормы ориентированы на неэффективные методы, применявшиеся в середине прошлого столетия.

Производственные процессы изменяются, разрабатывается всё больше технологичного оборудования, потребляющего меньше энергии и слабее загрязняющего окружающую среду. Сокращается участие человека в технологическом процессе, это влечет за собой снижение «человеческого фактора», способного «обнулить» любые изыскания по энергосбережению.

Считается, что заимствование чужого опыта является положительным фактором, способным сократить временные и технологические рамки. Некоторые отечественные исследователи вопросов энергосбережения и энергоэффективности считают, что использование зарубежного опыта в первую очередь американского способно изменить отечественную экономику и достичь значительных результатов в сбережении энергоресурсов, более чем на 40%.

Однако нужно учесть, что в современных российских реалиях невозможно скопировать «передовой» опыт по ряду причин: низкая производительность труда, отсталость российской системы управления производственными процессами, некачественное и чаще всего изношенное оборудование, низкая дисциплина на рабочем месте, дешевые энергоносители.

Вместе с тем, необходимо опираясь на передовой, уже отработанный опыт, выработать современные, отвечающие текущим вызовам нормативы, а также системы управления энергосбережением, готовые к внедрению на различных уровнях, начиная с коммерческой кампании, заканчивая государственной корпорацией.

В России принят «ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» [7], который предусматривает системное повышение показателей энергоэффективности народного хозяйства. Принятие ГОСТ предполагает применение пока не стандартизированных еще инструментов, прежде всего энергетического анализа. Его внедрение способно

определить взаимозависимость между уровнем экономического развития и уровнем энергоемкости. Вполне очевидно, чем выше экономическое развитие государства, тем ниже энергоемкость ВВП и наоборот.

Российская экономика занимает последние места в рейтингах энергоэффективности (132 из 142). Энергоемкость ВВП Российской экономики в два раза превышает среднемировой уровень [11].

Согласно докладу Минэкономразвития РФ [10] задача, определенная в законе № 261-ФЗ, по сокращению энергоемкости экономики на половину не выполнена.

Для этого требуется внести изменения в отечественное законодательство по энергосбережению, в первую очередь это касается нормирования.

Проанализируем системы нормирования энергетической эффективности, действующие на территории Евросоюза.

Организация процесса энергетического сбережения влечет за собой использование учета энергопотребления и нормирования. Главной задачей нормирования является применение норм потребления энергии, предотвращающих её чрезмерный расход.

**Зарубежный опыт нормирования энергоэффективности**

Принято считать, что модель стандартизации, работающая на территории Европейского союза является эффективной и масштабируемой. Стандарты базируются на директиве 2010/31/ЕС Европарламента [2].

Требования директивы устанавливаются в следующих направлениях:

1. методика расчетов энергетических характеристик зданий и конструкций;
2. требования к энергоэффективности и энергосбережению современных зданий;
3. использование рекомендаций по энергоэффективности к существующим сооружениям (элементам зданий), подлежащим капремонту или конструктивным элементам, оказывающим значительное влияние на энергетические показатели зданий в период проведения капитальных ремонтов или плановой замены;
4. долгосрочное планирование, направленное на повышение количества сооружений с нулевым энергопотреблением;
5. выдача энергетического сертификата сооружений;
6 систематическая проверка отопительного оборудования и систем кондиционирования;
7. комплексов управления сертификатами энергоэффективности и отчетности;

Директива определяет минимальные требования и не запрещает государствам-членам применять более суровые меры [2].

Указанной директивой определены общие требования к энергетической эффективности хозяйственных комплексов, вместе с тем расширяя возможности отдельных стран для учета климатических норм и экономического положения.

Действующая в Европе система нормирования энергоэффективности позволяет стимулировать организации и предприятия из различных секторов экономики к экономии энергии, а также применения более современных технологий

Для наглядности приведем список классов энергопотребления (табл. 1).

Таблица 1 – Список классов энергопотребления

| № | Обозначение | Описание |
|---|---|---|
| 1. | A | С низким энергопотреблением |
| 2. | B | Энергоэффективный |
| 3. | C | Энергопотребление ниже среднего |
| 4. | D | Со средним энергопотреблением |
| 5. | E | Энергозатратный |
| 6. | F | Сильно энергозатратный |
| 7. | G | Самая низкая энергоэффективность |

Стоит отметить, что снижение энергопотребления положительно сказывается на снижении негативного влияния на среду обитания.

Также европейским законодательством предусматриваются меры, направленные снижения энергопотребления:

- стимулирование организации энергетических аудитов зданий, сооружений, комплектов, производств;
- проведение исследований в области энергоэффективности и энергосбережения;
- введение систем обозначения (маркировки) оборудования. Указанная мера способствует повышению спроса на энергоэффективную технику;
- организация информационных кампаний в средствах массовой информации и сети интернет;
- некоторые меры материального поощрения энергосберегающих мероприятий. Например в Дании субсидируется от 30% до 50% затрат, вкладываемых инвестором при постройке энергоэффективных систем централизованного отопления жилых домов, построенных до 1950 года. В Швейцарии, инвесторы, строящие энергоэффективные здания и сооружения получают госсубсидию до 50 тысяч евро. В Германии, собственникам, повышающим энергоэффективность существующих жилых домов налоги могут быть уменьшены на 80%. Власти Австрии выделяют гранты на улучшение тепловых характеристик неэнергоэффективных домов.

**Показатели энергоэффективности.**

Учет мероприятий по энергосбережению осуществляется путем применения ряда показателей:

- сокращение удельного расхода энергоресурсов: в отрасли теплоснабжения (тыс. Гкал.), в отрасли электроснабжения (млн. кВт/ч);

- организация мероприятий по энергосбережению (тыс. руб.);
- сокращение издержек на содержание зданий и сооружений (экономия на ЖКХ) (тыс. руб.);

Применяемые показатели не в полной мере отвечают современным требованиям в системе энергосбережения.

В госпрограмме «Энергоэффективность и развитие энергетики», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 321 рассматривается еще 65 целевых показателей [5].

Проведя анализ показателей госпрограммы, становится очевидным, что Правительством России намечено снижение энергоемкости валового регионального продукта на 4-5% ежегодно.

Вместе с тем, ставится задача на увеличение глубины переработки нефтяного сырья, ежегодно указанный показатель должен увеличиваться не менее чем на 1%.

Одним из важнейших показателей является количество субъектов РФ, создавших организации, уполномоченные предоставлять финансовую помощь проектам в области энергосбережения и энергоэффективности.

Учитывая, что указанным вопросам в настоящее время уделяется недостаточно внимания, то введение данного показателя значительный шаг в создании саморегулируемой системы эрегосбережения в стране.

Должен повыситься объем выработки электроэнергии на каждого работающего в отрасли, выражаемый в млн.кВт·ч/чел. в год.

Немаловажным является показатель ввода дополнительных мощностей электростанций, работающих на основе возобновляемых источников энергии (без учета гидроэлектростанций мощностью выше 25 МВт) (МВт).

Однако госпрограммой не учитывается ряд важных показателей, способных более развернуто отразить энергоэффективность региональной и муниципальной экономики.

Проведя анализ серии показателей, было выделено несколько наиболее репрезентативных.

Например, энергоемкость ВРП, выражающаяся следующей формулой:

$$Elgrp_t = \frac{PEC_t}{GRP_t} \quad (9)$$

где $Elgrp_t$ – энергоемкость ВРП в году $t$;

$PEC_t$ – потребление первичной энергии в году $t$, определяемое как сумма:

$$PEC_t = \sum ein_{it} * AC_{it}$$

где $ein_{it}$ – энергоемкость производства продукции или услуг в секторе $i$ в году $t$;

$AC_{it}$ – индикатор экономической активности в секторе $i$ в году $t$;

$GRP_t$ – ВРП города в году $t$.

Показателем отображается уровень потребления ресурсов экономикой. Определяется снижение уровня использования природных ресурсов.

Госпрограммой должно учитываться отношение затрат на получение энергоресурсов к объему ВРП региона:

$$Q_p = (ЭР/ВРП) * 100\% \quad [9]$$

где *ЭР* - расходы субъекта Российской Федерации на приобретение энергетических ресурсов, млрд. руб.;

*ВРП* - объем валового регионального продукта, млрд. руб.

Показатель отображает зависимость региона от энергоресурсов, а также является одним из критериев оценки эффективности комплекса по повышению энергоэффективности региональной экономики

Индекс энергоэффективности

$$ODEX_t = \sum_i de_{it} * \frac{ein_i}{ein_{tb}} \quad [1]$$

где $de_{it}$ – доля потребления первичной энергии в секторе $i$ в году $t$ или в базовом году $b$ в суммарном потреблении первичной энергии;

$ein_i$ и $ein_{tb}$ – энергоемкость производства продукции или услуг в секторе $i$ в году $t$ или в базовом году $b$;

Показателем отображается роль технологического фактора.

Коэффициент использования тепла топлива:

$$\eta = \frac{Q + E}{BQ^p_{min}} \quad [12]$$

$Q$ – количество отпущенной теплоты;

Е - количество отпущенной электроэнергии по тепловому эквиваленту;

В - расход топлива;

$Q^p_{min}$ - низшая удельная теплота сгорания топлива

Показателем характеризуется эффективность потребления электрической и тепловой энергии

Учитывая последние тенденции по улучшению условий окружающей среды и заботе о природе, а также использованию альтернативных источников энергии, определенный эффект может быть получен, в случае применения показателя: доля объема энергоресурсов, вырабатываемых с применением возобновляемых источников энергии на территории региона:

$$Д_{субъект.эр.воз} = \left(\frac{ОП_{субъект.эр.общий}}{ОП_{субъект.эр.воз}}\right) * 100\% \quad [9]$$

$ОП_{субъект.эр.общий}$ - объем выработки энергоресурсов с применением восстанавливаемых источников энергии в регионе, т у.т

$ОП_{субъект.эр.воз}$ - объем энергоресурсов, произведенных в регионе, т у.т.

Указанные показатели также могут быть применены при оценке энергоэффективности региональной экономики.

Первые законы, создавшие предпосылки к созданию комплекса мер по энергосбережению появились в Европе в семидесятые годы прошлого столетия. В Российской Федерации вплоть до 1996 года отсутствовал закон, регулирующий отрасль энергетического сбережения и энергетической эффективности.

Первым вступил в силу Федеральный закон от 03.04.1996 №28-ФЗ «Об энергосбережении» [3]. Рамочно определивший принципы развития этого направления в России.

Основным законом, нормирующим систему мер по повышению энергоэффективности в России является ФЗ №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [4], во многом коррелирующий с директивой 2010/31/ЕС Европарламента и Совета.

В указанном законе сформулированы основные задачи по нормированию энергосбережения:

- построение системы энергетических аудитов имущественных комплексов и зданий;
- формирование требований по учету энергоресурсов;
- маркировка энергоэффективного оборудования и сооружений, сертификация производственных процессов.

Для повышения конкурентоспособности России на мировой арене принята госпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27.12.2010 №2446-р.

Ключевой целью программы является создание ряда мер, направленных на снижение энергоемкости ВВП.

Вместе с этим и региональные власти пытаются повысить энергоэффективность бюджетных и муниципальных учреждений, принимая региональные нормативно-правовые акты.

Например, в Москве действует госпрограмма «Энергосбережение в городе Москве», в Нижегородской области принята государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики Нижегородской области», в Нижнем Новгороде действует муниципальная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности зданий, сооружений, жилых домов и объектов инженерной инфраструктуры, находящихся в муниципальной собственности города Нижнего Новгорода, на 2015-2017 годы». Главной задачей которой является уменьшение затрат на приобретение энергетических ресурсов [8].

Для максимизации результатов в сфере энергоэффективности необходимо создать механизмы воздействия на потребителей энергоносителей с целью снижения потребляемых ресурсов. А также сокращения налогового бремени для конечных потребителей и поставщиков энергоресурсов при реализации энергосберегающих проектов.

Как уже было сказано выше, необходимо использовать значительные зарубежные наработки, учитывая национальные особенности. Требуется организовать информационные кампании не только в СМИ и сети Интернет, но и среди коллективов предприятий, сотрудников организаций.

Стоит отметить, что повышающиеся тарифы на ЖКХ и энергоносители уже стимулируют конечного потребителя к экономии.

В условиях дефицита бюджета на всех уровнях, власти следует принять меры нефинансового влияния. Государству необходимо информировать население о возможных методах снижения энергозатрат и применения энергоэффективных технологий.

Проведя сопоставление Европейского опыта повышения энергоэффективности с отечественным, становится очевидным, что действующая в течение многих лет система дала весомые плоды.

Комплекс мер по повышению энергоэффективности функционирующий в Евросоюзе считается эталонным и предоставляет широкий набор инструментов для различных категорий граждан и бизнеса. Применяются как меры поощрения, так и наказания.

Очевидно, что за 10 лет в России не может появиться инструментария, отвечающего запросам широкого круга лиц. Однако важным фактом стало создание законодательной базы, которой определены понятийный аппарат и вектор развития данного направления. Разработаны государственные программы, направленные на снижение энергоемкости региональных ВРП, а также снижение потребления топлива.

У России нет 30-40 лет для преодоления пути, который в свое время прошла Европа, по отбору и апробации энергоэффективных методик. Необходимо опережающими темпами создать работающую систему энергосбережения. Для этого требуется не слепое копирование передовых западных технологий, а вдумчивое применение избранных методов, подходящих к данному периоду времени и экономического развития, благо Европой и Америкой разработан широкий инструментарий. Есть из чего выбрать.

**Список литературы / References**

1. Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base. Paris, 2010. - 12 p. [Электронный ресурс] – URL: http://www.indicators.odyssee-mure.eu/odex-indicators-database-definition.pdf (дата обращения: 16.08.2017)

2. Директива №2010/31/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза «Об энергетических характеристиках зданий (новая редакция)» (Принята в г. Страсбурге 19.05.2010) [Электронный ресурс] – URL: http://base.garant.ru/70205150/ (дата обращения: 05.08.2017)

3. Федеральный закон «Об энергосбережении» от 03.04.1996 N 28-ФЗ (ред. от 30.12.2008) [Электронный ресурс] – URL: http://base.garant.ru/106191 (дата обращения: 02.08.2017)

4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) [Электронный ресурс] – URL: http://base.garant.ru/12171109/ (дата обращения: 20.07.2017)

5. Постановление Правительства РФ «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» от 15.04.2014 N 321 (ред. от 31.03.2017) [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_162194/ (дата обращения: 14.07.2017)

6. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27.12.2010 №2446-р [Электронный ресурс] – URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070341/ (дата обращения: 12.08.2017)

7. «ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 26.10.2012 N 568-ст) [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=6077#0 (дата обращения: 01.08.2017)

8. Постановление администрации г.Н.Новгорода «Об утверждении муниципальной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности зданий, сооружений, жилых домов и объектов инженерной инфраструктуры, находящихся в муниципальной собственности города Нижнего Новгорода, на 2015 - 2017 годы» от 19.09.2014 №3785 (ред. от 18.04.2016) [Электронный ресурс] – URL: http://base.garant.ru/36529821/ (дата обращения: 26.07.2017)

9. Приказ Минэнерго России от 30.06.2014 N 399 «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.07.2014 N 33293) [Электронный ресурс] – URL: http://base.garant.ru/70709922/ (дата обращения: 15.08.2017)

10. Письмо Министерства экономического развития Российской Федерации от 27 сентября 2016 года № 29204-ЕЕ/Д07 [Электронный ресурс] – URL: http://economy.gov.ru/minec/documents/vostrebdocs ?type_select=message&WCM_PI=1&WCM_Page.697cd88042f0ff329527b757f947fd1b=2 (дата обращения: 29.07.2017)

11. Толстик А.В. Тепло в дом. Бизнес и государство возьмутся за энергосервисные контракты /А.В. Толстик// Российская газета. – 2013. - №916 (38).

12. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. /Е.Я.Соколов// — М.: МЭИ, 1999. - 472 с.

13. Башмаков И. А. Динамика энергоемкости валового регионального продукта Москвы [Электронный ресурс] /И.А.Башмаков// Некоммерческое Партнерство «АВОК». URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4890 (дата обращения: 15.08.2017).

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Definition of ODEX indicators in ODYSSEE data base. Paris, 2010. - 12 p. [Electronic resource] URL - http://www.indicators.odyssee-mure.eu/odex-indicators-database-definition.pdf (accessed: 16.08.2017).

2. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). [Electronic resource] URL: http://base.garant.ru/70205150/ (accessed: 05.08.2017) [in Russian]

3. Federal'nyj zakon «Ob ehnergosberezhenii» ot 03.04.1996 N 28-FZ (red. ot 30.12.2008) [Federal law «About energy saving»]. [Electronic resource] URL - http://base.garant.ru/106191 (accessed: 02.08.2017). [in Russian]

4. Federal'nyj zakon «Ob ehnergosberezhenii i o povyshenii ehnergeticheskoj ehffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» ot 23.11.2009 N 261-FZ (red. ot 29.07.2017) [Federal law «On energy saving and on increasing energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation»]. [Electronic resource] URL: http://base.garant.ru/12171109/ (accessed: 20.07.2017). [in Russian]

5. Postanovlenie Pravitel'stva RF «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «EHnergoehffektivnost' i razvitie ehnergetiki» ot 15.04.2014 N 321 (red. ot 31.03.2017) [The RF Government resolution «On approval of the state program of the Russian Federation "energy Efficiency and energy development»]. [Electronic resource] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162194/ (accessed: 14.07.2017). [in Russian]

6. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii «EHnergosberezhenie i povyshenie ehnergeticheskoj ehffektivnosti na period do 2020 goda» utverzhdennaya rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 27.12.2010 №2446-r [State program of the Russian Federation «Energy Saving and energy efficiency for the period till 2020»]. [Electronic resource] URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55070341/ (accessed: 12.08.2017). [in Russian]

7. «GOST R ISO 50001-2012. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Sistemy ehnergeticheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu» (utv. i vveden v dejstvie Prikazom Rosstandarta ot 26.10.2012 N 568-st) [«GOST R ISO 50001-2012. National standard of the Russian Federation. The energy management system. Requirements with guidance for use»]. [Electronic resource] URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=6077#0 (accessed: 01.08.2017). [in Russian]

8. Postanovlenie administracii g.N.Novgoroda «Ob utverzhdenii municipal'noj programmy «Ehnergosberezhenie i povyshenie ehnergeticheskoj ehffektivnosti zdanij, sooruzhenij, zhilyh domov i ob"ektov inzhenernoj infrastruktury, nahodyashchihsya v municipal'noj sobstvennosti goroda Nizhnego Novgoroda, na 2015 - 2017 gody» ot 19.09.2014 №3785 (red. ot 18.04.2016) [The termination of the administration of N.Novgorod «On approval of the municipal program energy Saving and increase of power efficiency of buildings, structures, residential buildings and engineering infrastructure, under

municipal ownership the city of Nizhny Novgorod, for 2015 – 2017»]. [Electronic resource] URL: http://base.garant.ru/36529821/ (accessed: 26.07.2017). [in Russian]

9. Prikaz Minehnergo Rossii ot 30.06.2014 N 399 «Ob utverzhdenii metodiki rascheta znachenij celevyh pokazatelej v oblasti ehnergosberezheniya i povysheniya ehnergeticheskoj ehffektivnosti, v tom chisle v sopostavimyh usloviyah» [Order of the Ministry of energy of Russia «On approving the methods of calculation of values of target indicators in energy saving and energy efficiency, including in comparable conditions»] [Electronic resource] URL: http://base.garant.ru/70709922/ (accessed: 15.08.2017). [in Russian]

10. Pis'mo Ministerstva ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii ot 27 sentyabrya 2016 goda № 29204-EE/D07 [Letter of the Ministry of economic development of the Russian Federation]. [Electronic resource] URL: http://economy.gov.ru/minec/documents/vostrebdocs?type_select=message&WCM_PI=1&WCM_Page.697cd88042f0ff32952 7b757f947fd1b=2 (accessed: 29.07.2017). [in Russian]

11. Tolstik A.V. Teplo v dom. Biznes i gosudarstvo voz'mutsya za ehnergoservisnye kontrakty [The heat in the house. Business and government will undertake energy service contracts] / A.V.Tolstik // Rossijskaya gazeta [Russian newspaper]. – 2013. - №916 (38). [in Russian]

12. Sokolov E.YA. Teplofikaciya i teplovye seti [District heating and heat networks] /E.YA.Sokolov// — M.: MEHI, 1999. - 472 s [in Russian]

13. Bashmakov I. A. Dinamika ehnergoemkosti valovogo regional'nogo produkta Moskvy [Dynamics of energy intensity of gross regional product of Moscow] [Electronic resource] /I.A. Bashmakov// Nekommercheskoe Partnerstvo «AVOK» [Non-commercial Partnership «AVOK»]. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4890 (accessed: 15.08.2017). [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.138**

**Макашева Ж.Ж.**
ORCID: 0000-0002-5350-1007, кандидат экономических наук,
Актюбинский Региональный Государственный Университет имени К. Жубанова в г. Актобе

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА «ФИНАНСОВЫЙ АЛЬМАНАХ» В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

***Аннотация***

*Приведены результаты внедренного научно-исследовательского проекта «Финансовый альманах» в учебный процесс. В соответствии с Посланием Президента РК Назарбаева Н.А. народу разработан проект и внедрена трехступенчатая модель преподавания для студентов специальности «финансы». Подтверждена высокая заинтересованность студентов в применении и использовании прибыльных финансовых инструментов. Теоретические знания в области имеющихся финансовых инструментов подтверждены практическими результатами их использования. Установлено, что доходность по ценным бумагам выше доходности по депозитам. Результаты исследований были выставлены на конкурс научно-исследовательских проектов Актюбинской области, где проект занял призовое второе место.*

**Ключевые слова:** финансовая грамотность, ценные бумаги, депозиты, экскурсии, учебный процесс.

**Makasheva Zh.Zh.**
ORCID: 0000-0002-5350-1007, PhD in Economics,
Aktobe Regional State University named after K.Zhubanov, Aktobe

## RESULTS OF THE SCIENTIFIC RESEARCH PROJECT “FINANCIAL ALMANAC” IMPLEMENTATION INTO THE EDUCATION PROCESS

***Abstract***

*The results of the research project “Financial Almanac” implementation into the educational process are presented in the paper. We developed the project and introduced a three-tier model of teaching students specializing in “finance” in accordance with the President’s Letter of the Republic of Kazakhstan N.Nazarbayev. High interest of students in the application and use of profitable financial instruments is confirmed. Theoretical knowledge in the field of available financial instruments is proved by the practical results of their use. It is established that the profitability on securities is higher than on deposits. The results of the research were sent to the competition of research projects in the Aktobe region, where the project took the second prize.*

**Keywords:** financial literacy, securities, deposits, excursions, educational process.

В соответствии с Посланием Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана от 31 января 2017 года «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» [1] третьим приоритетом макроэкономической стабильности в Казахстане является дальнейшее развитие фондового рынка. Президент Казахстана Н.А. Назарбаев поручил Правительству совместно с Национальным банком принять меры, направленные на активизацию отечественного фондового рынка. И темы финансовой грамотности, а также правильного использования финансовых инструментов являются актуальными и значимыми для каждого казахстанца.

В соответствии с четвертым приоритетом Послания Президента РК «Улучшение качества человеческого капитала» образование является центральным звеном новой модели экономического роста и учебные программы должны быть нацелены на развитие способностей критического мышления и навыков самостоятельного поиска информации.

В современном мире все более жесткий отбор руководителей и конкуренция на рынке труда диктуют новые

требования для подготовки в стенах высшего учебного заведения высококвалифицированных специалистов. Финансовый рынок в настоящий момент изменился: если раньше в момент становления независимости нашего молодого государства имело место внедрение и развитие, то сейчас уже рынок адаптируется, меняется и корректируется в соответствии с изменениями спроса и предложения. Поэтому, несмотря на волатильность финансового рынка, нам необходимо не просто подстраиваться под его требования к подготовке специалистов в области финансов, а предугадывать изменения и изменять методику в обучении. В научно-исследовательском проекте предложена новая система обучения студентов, начиная с первого курса. Условное обозначение проекта «Финансовый альманах» было выбрано в соответствии с тем, что сам по себе термин «альманах» имеет следующее понимание – сборник произведений, сборник статей [2] и т.д.. А так как в проекте рассмотрены альтернативные источники приумножения денежных средств посредством использования финансовых инструментов, поэтому он имеет название «Финансовый альманах».

Приобретение знаний – это процесс передачи и преобразования опыта по решению задач от некоторого источника знаний в программу. Потенциальными источниками знаний являются эксперты, специальная литература, базы данных [3] и личный опыт. В этом проекте основной акцент делается на получение знаний от экспертов. Знания, которые должны быть от них получены, представляют собой, главным образом, набор известных им специальных фактов, процедур, оценок и правил принятия решений [4] в определенной узкой предметной области.

Регулирование финансового рынка и его инфраструктуры постоянно привлекает внимание не только граждан Казахстана, но и любого зарубежного инвестора, причем фундаментальную основу всей финансовой системы заложили финансисты, которые всегда востребованы на рынке труда. Поэтому осуществляя подготовку специалистов в области финансов, преподавательскому составу необходимо подготовить в высшем учебном заведении финансиста, владеющего практическими навыками. Идея проекта заключена в разработке оптимальной модели преподавания, при которой будет использован опыт субъектов отечественного финансового рынка, применены инструменты финансовых институтов в учебном процессе.

Задачи проекта «Финансовый альманах»:

- изучение современного состояния финансового рынка и его инфраструктуры в условиях кризиса;
- исследование доходности финансовых инструментов, наиболее подходящих для населения;
- способствовать выбору и использованию альтернативных вариантов приумножения денежных средств;
- повышение финансовой грамотности учащихся школ, колледжей, техникумов через создание видеороликов;
- разработка научно-методических рекомендаций по внедрению в учебный процесс авторской концепции трехступенчатой системы проведения практикума.

Проект «Финансовый альманах» рассчитан на студентов с первого по четвертые курсы специальности «финансы», он представляет собой трехступенчатое приобретение практических навыков. Проект рассчитан также на учащихся школ, колледжей и техникумов в рамках финансовой грамотности и выбора будущей профессии. В университете проект увязан с изучающими дисциплинами.

Студентами первого курса изучаются вузовские компоненты «Введение в специальность» и «Институты финансовых рынков». В рамках проекта предлагается первая ступень - введение финансового практикума в виде организации экскурсий по договоренности в Национальный банк Республики Казахстан по Актюбинской области, Единый накопительный пенсионный фонд, коммерческие банки, инвестиционные и страховые компании. Целью организации экскурсий в финансовые институты является ознакомление и усвоение теоретического материала на практике, т.е. выход за рамки учебного кабинета и взаимодействие, получение прямого контакта с практической деятельностью.

Студентами второго курса изучается вузовский компонент «Деньги. Кредит. Банки». В рамках проекта по данной дисциплине проводится практикум в виде организации и изучения банковских операций. Целью второй ступени проекта «Финансовый альманах» является ознакомление с операционной деятельностью коммерческого банка, выбор определенного вида депозита, расчет процентной ставки, открытие депозитного счета и подписание депозитного договора.

Студентами третьего и четвертого курсов изучаются вузовские компоненты «Управление портфелем ценных бумаг», «Финансовый менеджмент». В рамках проекта предлагается завершающая третья ступень - введение финансового практикума в виде организации и управления портфелем ценных бумаг. Целью является управление портфелем ценных бумаг, которое предполагает следующие мероприятия: планирование состава портфеля; анализ состава портфеля; регулирование состава портфеля; поддержание его ликвидности; получение дохода.

Реализация проекта «Финансовый альманах» проводится через наших друзей-партнеров: Национальный Банк РК по Актюбинской области, Инвестиционная компания АО «Фридом финанс», Страховая компания АО «Казахмыс», АО «АТФ Банк», АО ДБ «Сбербанк» на безвозмездной основе. Проект «Финансовый альманах» рассчитан для использования на долгосрочной основе, так как от внедрения уже имеются положительные результаты.

В соответствии с внедренным проектом «Финансовый альманах» в учебный процесс студенты 2 курса большее предпочтение в выборе депозита отдали АО «Kaspibank», 14 человек из 18 (см.рис.1).

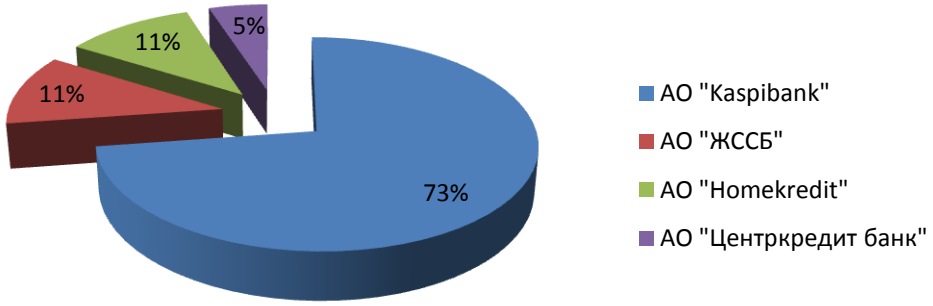



Рис.1 – Депозиты студентов 2-го курса специальности «финансы» в коммерческих банках г. Актобе

Наибольшее предпочтение студентами 3-го курса было отдано приобретению отечественных ценных бумаг, среди которых акции АО «KEGOC», АО «Казмунайгаз», АО «Казтрансойл» (см.рис. 2). В частности, это касается акций, которые были размещены на Казахстанской фондовой бирже через IPO. Повышение благосостояния казахстанцев есть и остается самым приоритетным направлением деятельности в Республике Казахстан. Так, в сентябре 2011 года Постановлением Правительства РК [5] была утверждена программа «Народное IPO», при которой «Народное IPO» стала первой программой, создающей доверие между бизнесом и населением. И в 2012 году программа «Народного IPO» [6] была наиболее успешной. При этом доходы физических лиц и дивиденды по ценным бумагам освобождены [7] от налогообложения (например, акции АО «Казтрансойл»), а брокерские комиссии и комиссионные сборы [8] минимальные (например, при покупке акций на 2 млн. тенге биржевая комиссия составит 1 тыс. тенге и комиссионный сбор составит 150 тенге).

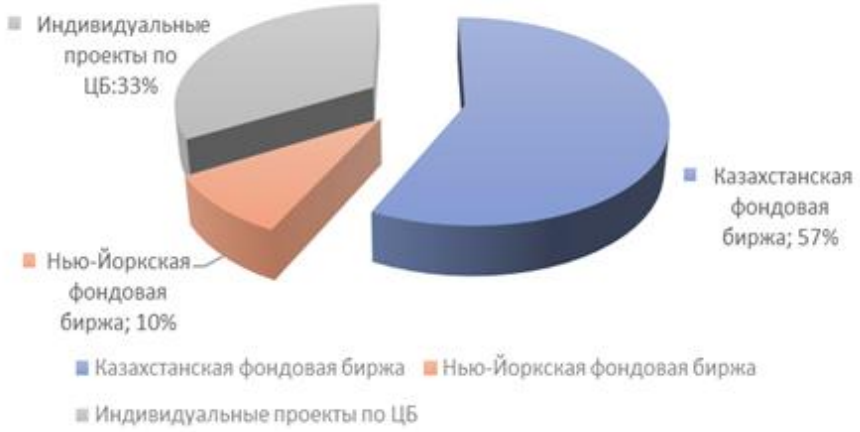



Рис.2 – Инвестиционные вложения в ценные бумаги студентов 3 курса специальности «финансы»

Таким образом, необходимо отметить высокую заинтересованность студентов в выборе альтернативных методов использования финансовых инструментов и получении прибыли во время учебного процесса.

Все вышеперечисленные исследования и результаты проекта подчеркивают необходимость повышения финансовой грамотности, развития фондового рынка Казахстана, и как следствие подготовки молодежи к новым экономическим нововведениям, которые запланированы в текущем году в Казахстане. Так, в частности, в мае 2017 года Международный Финансовый Центр «Астана» (МФЦА) и Nasdaq Inc [9] подписали соглашение о совместном развитии и продвижении новой казахстанской биржи МФЦА в конце текущего года. На новой бирже уже запланирована [10] приватизация компании АО «ФНБ Самрук-Қазына».

Таким образом, научно-исследовательский проект «Финансовый альманах» представляет собой трехступенчатую реализацию эффективной дуальной системы образования, является инновационным методом обучения студентов, который формирует конкурентоспособного на финансовом рынке специалиста, обладающего знаниями использования финансового инструмента.

**Список литературы / References**

1. Назарбаев Н.А. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 31 января 2017 года**.** Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность [Электронный ресурс]// Официальный сайт Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева. - URL: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvarya-2017-g (дата обращения: 07.09.2017).

2. Ефремова Т. Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный [Электронный ресурс] / Т.Ф. Ефремова. – М.: Русский язык, 2000. - URL: http://tolkslovar.ru/a3278.html (дата обращения: 07.09.2017).

3. Корниенко А.В. Курс лекций: приобретение знаний [Электронный ресурс] / А.В. Корниенко. – Томск, 2009 г. - URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KORNAV/Electronics_posobie/Tab/Priobrenie_znanij.doc (дата обращения: 07.09.2017).

4. Интеллектуальные информационные системы в управлении знаниями [Электронный ресурс] - URL: https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/intellektualnye-informacionnye-sistemy-v-upravlenii-znaniami?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1znaniami?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1 (дата обращения: 07.09.2017)

5. О народном IPO в Казахстане [Электронный ресурс] // Официальный сайт электронного Правительства Республики Казахстан - URL: http://egov.kz/cms/ru/articles/about_ipo (дата обращения: 22.09.2017).

6. Самые выгодные IPO на казахстанской бирже [Электронный ресурс] // Официальный сайт сетевого издания «Zakon.kz» - URL: https://www.zakon.kz/4693265-samye-vygodnye-ipo-na-kazakhstanskojj.html (дата обращения: 22.09.2017).

7. Дивиденды и доходы от продажи на KASE акций «КазТрансОйла» освобождены от налогов [Электронный ресурс] // Официальный сайт программы «Народное IPO» - URL: http://narodnoe-ipo.kz/2013/02/dividendy-i-doxody-ot-prodazhi-na-kase-akcij-kaztransojla-osvobozhdeny-ot-nalogov/#comment-115 (дата обращения: 22.09.2017).

8. Какие расходы несете вы при покупке акций? [Электронный ресурс] // Официальный сайт электронного Правительства Республики Казахстан - URL: http://egov.kz/cms/ru/articles/about_ipo (дата обращения: 22.09.2017).

9. Международный финансовый центр «Астана» (МФЦА) и Nasdaq заключили технологическую сделку [Электронный ресурс] //Официальный сайт Международного финансового центра «Астана» - URL: www.aifc.kz/ru/news/76.html - (дата обращения: 07.09.2017)

10. МФЦА презентован перед казахстанскими и зарубежными СМИ [Электронный ресурс] //Официальный сайт Международного финансового центра «Астана» - URL: http://www.aifc.kz/ru/news/111.html (дата обращения: 22.09.2017).

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Nazarbaev N.A. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan narodu Kazahstana ot 31 janvarja 2017 goda. Tret'ja modernizacija Kazahstana: global'naja konkurentosposobnost' [Nazarbayev NA The message of the President of the Republic of Kazakhstan to the people of Kazakhstan dated January 31, 2017. Third modernization of Kazakhstan: global competitiveness] [Electronic resource] // The official website of the President of the Republic of Kazakhstan, N.A. Nazarbayev. - URL: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvarya-2017-g (accessed: 07.09.2017). [in Russian]

2. Yefremova T. F. Novyy slovar' russkogo yazyka. Tolkovo-slovoobrazovatel'nyy [New Dictionary of the Russian Language. Interpretative and word-building] [Electronic resource] / T.F. Efremova. - M.: Russian language, 2000. - URL: http://tolkslovar.ru/a3278.html (accessed: 07.09.2017). [in Russian]

3. Korniyenko A.V. Kurs lektsiy: priobreteniye znaniy [The course of lectures: the acquisition of knowledge] [Electronic resource] / A.V. Kornienko – Tomsk, 2009 g. - URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KORNAV/Electronics_posobie/Tab/Priobrenie_znanij.doc (accessed: 07.09.2017). [in Russian]

4. Intellektual'nyye informatsionnyye sistemy v upravlenii znaniyami [Intellectual information systems in knowledge management] [Electronic resource] - URL: https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/intellektualnye-informacionnye-sistemy-v-upravlenii-znaniami?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1znaniami?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1 (accessed: 07.09.2017). [in Russian]

5. O narodnom IPO v Kazakhstane [About the People's IPO in Kazakhstan] [Electronic resource] // The official website of the e-Government of the Republic of Kazakhstan - URL: http://egov.kz/cms/ru/articles/about_ipo (accessed: 22.09.2017). [in Russian]

6. Samyye vygodnyye IPO na kazakhstanskoy birzhe [The most profitable IPO on the Kazakhstan Stock Exchange] [Electronic resource] // The official site of the network edition «Zakon.kz» - URL: https://www.zakon.kz/4693265-samye-vygodnye-ipo-na-kazakhstanskojj.html (accessed: 22.09.2017). [in Russian]

7. Dividendy i dokhody ot prodazhi na KASE aktsiy «KazTransOyla» osvobozhdeny ot nalogov [Dividends and income from the sale of shares of KazTransOil on KASE are exempt from taxes] [Electronic resource] // Official site of the program «People's IPO» - URL: http://narodnoe-ipo.kz/2013/02/dividendy-i-doxody-ot-prodazhi-na-kase-akcij-kaztransojla-osvobozhdeny-ot-nalogov/#comment-115 (accessed: 22.09.2017). [in Russian]

8. Kakiye raskhody nesete vy pri pokupke aktsiy? [What expenses do you pay when buying shares?] [Electronic resource] // The official website of the e-Government of the Republic of Kazakhstan - URL: http://egov.kz/cms/ru/articles/about_ipo (accessed: 22.09.2017). [in Russian]

9. Mezhdunarodnyy finansovyy tsentr «Astana» (MFTSA) i Nasdaq zaklyuchili tekhnologicheskuyu sdelku [The International Financial Center «Astana» (IFAC) and Nasdaq concluded a technological deal] [Electronic resource] // Official website of the International Financial Center «Astana» - URL: www.aifc.kz/ru/news/76.html (accessed: 07.09.2017). [in Russian]

10. MFTSA prezentovan pered kazakhstanskimi i zarubezhnymi SMI [IFCA presented to Kazakhstani and foreign media] [Electronic resource] // Official website of the International Financial Center «Astana» - URL: http://www.aifc.kz/ru/news/111.html (accessed: 22.09.2017). [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.148**

**Махмудова И.Н.**
ORCID: 0000-0002-9943-3839, доктор экономических наук, доцент
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

# МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДРОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА: ОРГАНИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

***Аннотация***

*Представлен бизнес-процесс подбора персонала, раскрыто его ключевое значение для организации. Классифицированы методы воздействия на персонал со стороны служб кадровой безопасности – на этапе диагностики кадровых угроз, и этапе противодействия угрозе безопасности персонала. Разработана оперограмма процесса подбора кадров. Указана ответственность действующих и ответственных лиц. В качестве регламента определена трудоемкость выполнения каждого этапа работ. Функции HR-служб по подбору встроены в единый жизненный цикл системы управления кадровой безопасности в организации. Раскрыта функциональная связь и разграничение работ по подбору персонала между службой кадровой безопасности и HR-отделами.*

**Ключевые слова:** рекрутинг, кадровая безопасность, противостояние угрозам безопасности, оперограмма, методы, критерии отбора, эффективность подбора.

**Mahmudova I.N.**
ORCID: 0000-0002-9943-3839, PhD in Economics, Associate professor
Samara National Research University Academician S.P. Korolev, Samara

# METHODS OF HUMAN RESOURCES SAFETY AT THE SELECTION OF PERSONNEL: ORGANIZATION OF THE BUSINESS PROCESS

**Abstract**

*The business process of personnel recruitment is presented, its key importance for the organization is revealed. The methods of impact on personnel from personnel security services are classified – at the stage of diagnosing personnel threats, and the stage of counteraction to the threat to personnel safety. An operogram of the selection process was developed. The responsibility of acting and responsible persons is indicated. As a rule of procedure, the complexity of the execution of each stage of work is determined. Functions of HR-services in selection are built into the single life cycle of the HR management system of the organization. The functional connection and differentiation of the personnel selection work between HR service and HR departments is revealed.*

**Keywords**: recruiting, personnel security, confronting security threats, operogram, methods, selection criteria, efficiency of selection.

Каждая современная организация стремится не только взаимодействовать на рынке товаров и услуг со всеми заинтересованными сторонами, но сохранить свою уникальность и целостность. Благодаря грамотно подобранной кадровой составляющей организация стремится занять лидирующее положение на рынке, быть конкурентоспособной, успешно продвигать свой бизнес.

На пути достижения поставленных бизнес-идей требуется хорошо отлаженная система работы служб кадровой безопасности организации, которая смогла бы вовремя распознать и противостоять различного рода опасностям.

*Кадровую безопасность* в организации можно рассматривать с разных позиций. С одной стороны – это процесс обеспечения текущей и потенциальной защищенности персонала организации от разнообразных угроз, в процессах отбора и адаптации персонала, развитии и карьерного роста сотрудников, оценки его деловых и личностных характеристик и оплаты труда, а также при перемещении и высвобождении из организации. Для персонала в этом случае основным источником угроз выступает работодатель, грубо нарушающий права и гарантии работников.

С другой стороны, *кадровую безопасность* можно выстраивать с точки зрения активной защиты, в которой нуждается сама организация. Речь идет об экономической безопасности, имидже и устойчивом развитии внутренних бизнес-процессов, об угрозах, создаваемых несанкционированными сознательными или неосознанными действиями персонала данной организации, которые могут вступать в сомнительные с точки зрения закона трудовые отношения. Это может быть коррупционная деятельность чиновников и лиц, принимающих решение, злоупотребляющих своим положением. Работники организации могут вступать в сговор, передавать секретную информацию третьим лицам или использовать её не по прямому назначению. Отдельные сотрудники могут осуществлять вербовку редких специалистов, переманивать их в конкурирующие организации. Успешные организации могут подвергаться рейдерским захватам, другим видам насильственных действий.

Риски со стороны персонала возникают всегда и на всех этапах работы. В связи с этим, в организациях создают *гибкую систему кадровой безопасности*, способную вовремя диагностировать надвигающуюся опасность и своевременно её предотвратить. В этой связи очень важно выстроить качественное взаимодействие со службами управления персоналом в организации, начиная с этапа подбора и найма кадров. В список «опасных» кандидатов включаются люди, чья работа в организации или их последующее увольнение может вызвать различные проблемы. Важно не пропустить такого неблагонадежного сотрудника не с точки зрения его профессиональной грамотности (с этим, как раз неплохо справляются рекрутёры), а в плане его безопасного увольнения, что связано с утечкой информации, например с должности главного бухгалтера. Цель службы кадровой безопасности – уменьшение затрат на дальнейший отбор, чтобы в дальнейшем пришлось выбирать только из «нужных» (соответствующих требованиям компании) и «безопасных» претендентов.

Главным инструментом работы службы кадровой безопасности является тотальный контроль на всех участках работы персонала. Это видеонаблюдение, прослушивание телефонных разговоров, контроль доступа и работы компьютера, контроль использования рабочего и свободного времени сотрудников, перемещений, то есть контроль в

процессе трудовой деятельности и какое-то время после увольнения сотрудника. Естественно, что задача осложняется законностью методов добывания необходимой информации.

В настоящее время активно стали применяться самые разнообразные методы отбора персонала, законные и не очень. Отсюда и такое разнообразие техник: от традиционного *headhunting* («хэдхантинга»), *executive search* — «переманивания» лиц, принимающих решение, *talent poaching* («кадрового браконьерства»), *talent raiding* («кадровых налетов»), до «агрессивного» или «партизанского» рекрутинга. [5-7, 9-12, 14]

Нетрудно заметить, что методы самые разнообразные и очень специфичные. В силу этого, объективно приходится разграничивать функции HR-структур, которые в большей степени связаны с оценкой деловых и профессиональных качеств кандидатов, от функций служб безопасности.

*Подбор персонала (рекрутинг)* – это процесс выявления наиболее пригодных и подготовленных работников из числа кандидатов на вакансию. Профессиональный («правильный») процесс рекрутинга состоит из нескольких этапов. Начиная с планирования потребности в персонале, сбора и согласования заявок на подбор, бюджетирования процесса, размещения вакансии в открытом доступе при поиске кандидатов, проведения собеседования с кандидатом и линейным руководителем, а также получения заключения по итогам проверки нашего кандидата службой безопасности, и заканчивая подписанием трудового договора.

Для наглядности весь бизнес-процесс подбора, а также его участников и трудоёмкость операций каждой, вовлеченный в этот процесс, стороны, представим в разработанной нами оперограмме (Рис.1). [2]

В крупных компаниях уже давно прибегают к составлению оперограмм, которые помогают координировать выполнение необходимых функций для осуществления бизнес-процесса. Это значительно упрощает работу. Не приходится тратить время на поиск ответственных лиц и сотрудников, в чьи обязанности непосредственно входит выполнение определенных обязанностей на конкретном этапе работ [3]. С помощью оперограммы легко проследить, на каком этапе осуществляется процесс, кто является инициатором и исполнителем подбора, в какой последовательности и кому передаются полномочия, а также кто является источником нарушения запланированного хода мероприятий. В целом, она носит универсальный характер и может незначительно корректироваться в связи с особенностями конкретной компании. На оперограмме удобно отследить, когда менеджер по подбору выполняет свои показатели эффективности (KPI), и за какие сроки заполняется вакансия.

Для каждого работодателя известен тот факт, что своевременный и качественный подбор персонала увеличивает прибыль организации и является гарантией успешного функционирования бизнес-процессов.

Следовательно, плохо организованный подбор персонала чреват для компании такими проблемами, как высокая текучесть кадров, низкая корпоративная сплоченность сотрудников и низкая трудовая дисциплина.

| Участники процесса подбора | Рекрутер | Специалист отдела кадров | Руководитель структурного подразделени | Директор по персоналу | Руководитель организации | Кандидат/ Соискатель вакансии | IT-специалист | Наставник | Специалист службы безопасности | Бухгалтер | Сроки исполнения, дни |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Формирование бланка заявки на подбор | ■ | | | | | | | | | | 1 |
| Согласование заявки на подбор | ■ | | □ | □ | | | | | | | 2 |
| Снятие заявки на подбор | □ | | ■ | | | | | | | | 1 |
| Заполнение заявки на подбор | ■ | | □ | | | | | | | | 1 |
| Составление Плана подбора персонала | ■ | | | □ | | | | | | | 3 |
| Формирование бюджета | | | | ■ | □ | | | | | □ | 1 |
| Размещение объявления о вакансии а СМИ | ■ | | | | | | | | | | 1 |
| Анализ кадрового резерва | ■ | | | ■ | | | | | | | 2 |
| Поиск в сети Интернет | ■ | | | | | | □ | | | | 7 |
| Регистрация откликов на объявление, формирование базы соискателей на вакансию | ■ | | | | | | | | | | 2 |
| Ананлиз резюме отозвавшихся кандидатов | ■ | | | | | | | | | | 2 |
| Проведение телефонного интервью | ■ | | | | | □ | | | | | 1 |
| Провендение собеседования по компетенциям при личной встрече с рекрутёром | ■ | | | | | □ | | | | | 1 |
| Прведение собеседования с руководителем структурного подразделения | ■ | | □ | | | □ | | | | | 1 |
| Подведение итогов собеседования | □ | | ■ | □ | | | | | | | 2 |
| Проверка кандидата службой безопасности | □ | | | | | | | | ■ | | 30 |
| Оглашение результата отбора и согласование условий трудового договора с кандидатом на работу | ■ | | | □ | | □ | | | | | 1 |
| Закрытие вакансии - KPI - 1 | □ | □ | □ | ■ KPI - 1 | | | | | | | 1 |
| Принятие решения о найме | | □ | □ | ■ | | | | | | | 1 |
| Оформление приёма на работу | | ■ | □ | □ | □ | □ | | | | □ | 1 |
| Прохождение испытательного срока | | | ■ | | | □ | | □ | | | 90 |
| Анализ прохождения испытательного срока | □ | | □ | | | □ | | ■ | | | 2 |
| Анализ результаттов деятельности по итогам первого года работы - KPI - 2 | □ | □ | ■ KPI - 2 | □ | □ | □ | | | | | 1 |
| Итого , дни | | | | | | | | | | | 155 |

Условные обозначения:
- ■ - инициатор процесса
- □ - участник процесса
- —— - уканал передачи информации

Рис 1 – Оперограмма подбора персонала [3]

Итак, для эффективной организации труда служб подбора и кадровой безопасности, их совместного эффективного взаимодействия в рамках одного и того же процесса подбора кадров, необходимо разграничить сферы деятельности и закрепить за каждой из сторон свой специфичный функционал. *К службе безопасности* отнесем функции: организации служебного расследования; планирование мероприятий по диагностике и разоблачению выявленных угроз; специальное обучение собственных сотрудников и работников других подразделений по выполнению ими соответствующих действий для сохранения правопорядка; выполнение целевых запросов в организации (налоговые, миграционные службы, психоневрологический диспансер, изучение кредитных историй и т.п.); проверка подлинности документов (паспорта, трудовой книжки); сбор характеристик с прошлых мест работы для проверки трудовых историй (конфликтности), финансовой стабильности (благонадежности), возможно, данные о родственниках, если есть в этом острая необходимость (смотря на какую должность претендует соискатель).

*Служба работы с персоналом* организации реализует функции по подбору, обеспечению развития и мотивации, формированию лояльности сотрудников, высокого уровня ответственности за эффективную и инициативную работу на местах; функциональную и профессиональную мобильность, профессиональную грамотность. [1, 4]

Если анализировать методы воздействия на персонал, то в службах безопасности они распределяются по следующим направлениям: методы *диагностики угроз* кадровой безопасности, как со стороны внешних, так и внутренних факторов воздействия, и методы, *противостоящие потенциальной и/или реальной* кадровой угрозе для организации. [8, 13]

*Классификация методов диагностики кадровой безопасности.*

1. Группа методов целенаправленного воздействия.
2. Группа методов тайного принуждения.
3. Методы информационно-психологического воздействия.

К *методам целенаправленного воздействия* отнесём пресечение мошенничества, рейдерского захвата, предотвращение коррупционной деятельности в организации, и др.

*Методы тайного принуждения* включают конкурентную разведку, вербовку работников, различного рода манипуляции, в том числе использование нейролингвистического программирования, промышленный шпионаж и др.

К *методам информационно-психологического воздействия* относятся: нарушение прав работников на рабочем месте, дискриминации (по поло-возрастному признаку, в отношении людей с ограниченными физическими возможностями, больных СПИДОМ, людей, ведущих нездоровый образ жизни); психическое насилие: моббинг, буллинг, харасмент. К этим же методам отнесем распространение слухов, сплетен, провокаций; утечка/похищение информации; несанкционированное сбор, хранение, обработка, использование персональных данных сотрудников, передача их третьим лицам, и др.

*Методы, противостоящие потенциальной и/или реальной кадровой угрозе*, классифицируем как *профилактические, пресекающие или отражающие* и *карающие;* это могут быть методы *легитимного и нелегитимного характера*, откровенно *криминального характера* (вербовка, шантаж, взятки).

Перечисленные выше методы воздействия на персонал позволяют диагностировать или противостоять угрозам кадровой безопасности. Они совершенно отличаются от методов работы специалистов кадровых служб. Специалисты этих структур работают параллельно в достижении единой цели, в нашем случае – это заполнение вакантных позиций достойными кандидатами. Однако следует понимать, что смешивать, и, тем более, подменять или дублировать действия этих двух служб совершенно неправомерно. Через применение различных форм и методов работы, разделяя сферы деятельности служб, возможен более полный и качественный сбор необходимой информации по претенденту, позволяющей гарантированно предохранять организацию от возможных кадровых упущений в работе и угроз кадровой безопасности организации.

**Список литературы / References**

1. Организация подбора персонала: типичные проблемы и ошибки // Директор по персоналу. №8. 2016. – [Электронный ресурс]. – URL.: https://www.hr-director.ru/article/66205-qqq-16-m8-02-08-2016-organizatsiya-podbora-personala-predpriyatiya. Дата обращения 29.08. 2017.

2. Махмудова, И.Н. Методика заполнения вакансий: архитектура бизнес-процесса / И.Н. Махмудова, Е.В. Башкирова, А.М. Сазонова // Сборник научных трудов по итогам I Международная научно-практическая конференция «Инновационные внедрения в области экономики и менеджмента» (г. Москва). 2017. Федеральный центр науки и образования «Эвенсис», 2017. С. 46-49.

3. Скрыль, В.В. Методы отбора персонала на предприятии как инструмент реализации кадровой политики / В.В. Скрыль. – [Электронный ресурс]. – URL.: http://sci-article.ru/stat.php?i=1429596549. Дата обращения 27.08.2017.

4. Королёва, Н. Как быстро подобрать десятки или даже сотни сотрудников. Используйте для массового подбора нестандартные и действенные методы / Н. Королёва, // Директор по персоналу. №9. 2013. – [Электронный ресурс]. – URL.:http://e.hr-director.ru/article.aspx?aid=317825&utm_medium=refer&utm_source=e.hr-director.ru&utm_campaign=e.hr-director_7Block&utm_content=7. Дата обращения 02.08. 2017.

5. Бакшт, К. Вербовка: альтернативный вариант подбора персонала / К. Бакшт // HR-portal. – [Электронный ресурс] URL.: http://hr-portal.ru/article/verbovka-alternativnyy-variant-podbora-personala. Дата обращения 29.08.2017 .

6. Беляев, С. Агрессивный рекрутинг: Партизанские методы подбора персонала / С. Беляев // HR-portal. – [Электронный ресурс] URL.: http://hr-portal.ru/article/agressivnyy-rekruting-partizanskie-metody-podbora-personala Дата обращения 27.08.2017.

7. Бизнес-разведка: законные методы и запрещенные приемы [Электронный ресурс] – URL.: http://hr-portal.ru/article/biznes-razvedka-zakonnye-metody-i-zapreshchennye-priemy. Дата обращения 27.08.2017.

8. Законопроект об ужесточении ответственности за нарушения в области персональных данных. [Электронный ресурс] – URL.: http://hr-portal.ru/news/zakonoproekt-ob-uzhestochenii-otvetstvennosti-za-narusheniya-v-oblasti-personalnyh-dannyh. Дата обращения 27.08.2017.

9. Разъяснения Роскомнадзора «Вопросы, касающиеся обработки персональных данных работников, соискателей на замещение вакантных должностей, а также лиц, находящихся в кадровом резерве» // Минкомсвязь России [Электронный ресурс]. URL: http://www.rsoc.ru. Дата обращения 01.04.2013.

10. Ющенко, Д. Вербовка в бизнесе / Д. Ющенко, Н. Царева // Кадровик. Рекрутинг для кадровика. – 2012. –№ 12. [Электронный ресурс] URL: http://hr-portal.ru/article/verbovka-v-biznese. Дата обращения 29.08.2017.

11. Bossong, R. EU cooperation on terrorism prevention and violent radicalization: frustrated ambitions or new forms of EU security governance? / R. Bossong // Cambridge Review of International Affairs. - 2014. - № 27 (1). - P. 66-82.

12. Camacho, E.T. The development and interaction of terrorist and fanatic groups / E.T. Camacho // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. - 2013. - № 18 (11). - P. 3086-3097.

13. Hofmann, D.C. Quantifying and qualifying charisma: a theoretical framework for measuring the presence of charismatic authority in terrorist groups / D.C. Hofmann // Studies in Conflict and Terrorism. - 2015. - № 38 (9). - P. 710-733.

14. Jeff Haden Интервью под прикрытием. Хитрый способ разговорить кандидата/ Haden Jeff // HR-portal. – [Электронный ресурс] URL: http://hr-portal.ru/blog/intervyu-pod-prikrytiem-hitryy-sposob-razgovorit-kandidata . Дата обращения 27.08.2017.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Organizacija podbora personala: tipichnye problemy i oshibki [Organization of recruitment: typical problems and errors] // Direktor po personalu [Director for Personnel]. № 8. 2016. – [Electronic resource]. – URL.: https://www.hr-director.ru/article/66205-qqq-16-m8-02-08-2016-organizatsiya-podbora-personala-predpriyatiya (accessed 29.08. 2017). [in Russian]

2. Mahmudova, I.N. Metodika zapolnenija vakansij: arhitektura biznes-processa [Methodology for filling vacancies: the architecture of the business process] / I.N. Mahmudova, E.V. Bashkirova, A.M. Sazonova // Sbornik nauchnyh trudov po itogam I Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Innovacionnye vnedrenija v oblasti jekonomiki i menedzhmenta» [Collected scientific papers on the results of the I International scientific and practical conference "Innovative implementation in the field of economics and management"] (g. Moskva). 2017. Federal'nyj centr nauki i obrazovanija «Jevensis», 2017. P. 46-49. [in Russian]

3. Skryl', V.V. Metody otbora personala na predprijatii kak instrument realizacii kadrovoj politiki [Methods of personnel selection at the enterprise as an instrument for implementing the personnel policy] / V.V. Skryl'. – [Electronic resource]. – URL.: http://sci-article.ru/stat.php?i=1429596549 (accessed 27.08.2017). [in Russian]

4. Koroljova, N. Kak bystro podobrat' desjatki ili dazhe sotni sotrudnikov. Ispol'zujte dlja massovogo podbora nestandartnye i dejstvennye metody [How to quickly choose tens or even hundreds of employees. Use for mass non-standard and effective methods] / N. Koroljova, // Direktor po personal [Director for Personnel]. № 9. - 2013. – [Electronic resource]. – URL.:http://e.hr-director.ru/article.aspx?aid=317825&utm_medium=refer&utm_source=e.hr-director.ru&utm_campaign=e.hr-director_7Block&utm_content=7 (accessed 02.08. 2017). [in Russian]

5. Baksht, K. Verbovka: al'ternativnyj variant podbora personala [Recruitment: an alternative recruitment option] / K. Baksht // HR-portal. – [Electronic resource] URL.: http://hr-portal.ru/article/verbovka-alternativnyy-variant-podbora-personala (accessed 29.08.2017). [in Russian]

6. Beljaev, S. Agressivnyj rekruting: Partizanskie metody podbora personala [Aggressive recruiting: Partisan methods of recruitment] / S. Beljaev // HR-portal. – [Electronic resource] URL.: http://hr-portal.ru/article/agressivnyy-rekruting-partizanskie-metody-podbora-personala (accessed 27.08.2017). [in Russian]

7. Biznes-razvedka: zakonnye metody i zapreshhennye priemy [Business intelligence: legal methods and prohibited methods] [Electronic resource] – URL.: http://hr-portal.ru/article/biznes-razvedka-zakonnye-metody-i-zapreshchennye-priemy (accessed 27.08.2017). [in Russian]

8. Zakonoproekt ob uzhestochenii otvetstvennosti za narushenija v oblasti personal'nyh dannyh [Draft law on toughening liability for violations in the field of personal data]. [Electronic resource] – URL.: http://hr-portal.ru/news/zakonoproekt-ob-uzhestochenii-otvetstvennosti-za-narusheniya-v-oblasti-personalnyh-dannyh (accessed 27.08.2017). [in Russian]

9. Raz#jasnenija Roskomnadzora «Voprosy, kasajushhiesja obrabotki personal'nyh dannyh rabotnikov, soiskatelej na zameshhenie vakantnyh dolzhnostej, a takzhe lic, nahodjashhihsja v kadrovom rezerve» [Explanations of Roskomnadzor "Issues related to the processing of personal data of employees, applicants for filling vacancies, as well as persons in the personnel reserve"] // Minkomsvjaz' Rossii [Ministry of Communications of Russia] [Electronic resource]. URL: http://www.rsoc.ru (accessed 01.04.2013). [in Russian]

10. Jushhenko, D. Verbovka v biznese [Recruitment in business] / D. Jushhenko, N. Careva // Kadrovik. Rekruting dlja kadrovika [HR-manager. Recruiting for the personnel officer]. – 2012. –№ 12. [Electronic resource] URL: http://hr-portal.ru/article/verbovka-v-biznese (accessed 29.08.2017). [in Russian]

11. Bossong, R. EU cooperation on terrorism prevention and violent radicalization: frustrated ambitions or new forms of EU security governance? / R. Bossong // Cambridge Review of International Affairs. - 2014. - № 27 (1). - P. 66-82.

12. Camacho, E.T. The development and interaction of terrorist and fanatic groups / E.T. Camacho // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. - 2013. - № 18 (11). - P. 3086-3097.

13. Hofmann, D.C. Quantifying and qualifying charisma: a theoretical framework for measuring the presence of charismatic authority in terrorist groups / D.C. Hofmann // Studies in Conflict and Terrorism. - 2015. - № 38 (9). - P. 710-733.

14. Jeff Haden Interv'ju pod prikrytiem. Hitryj sposob razgovorit' kandidata [Interview under cover. A tricky way to talk a candidate] / Haden Jeff // HR-portal. – [Electronic resource] URL: http://hr-portal.ru/blog/intervyu-pod-prikrytiem-hitryy-sposob-razgovorit-kandidata (accessed 27.08.2017). [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.123**

**Медведева Ю.В.**
ORCID: 0000-0002-3418-9556, Кандидат технических наук,
Южно-Уральский государственный университет

# АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

***Аннотация***

*В статье представлен новый альтернативный подход к нормированию труда специалистов по охране труда на основе теории нечетких множеств. Расчетная ожидаемая численность работников является точечной оценкой численности и рассматривается в виде нечеткого числа с треугольным заданием функции принадлежности. Приведен пример определения численности работников службы охраны труда с помощью теории нечетких множеств. Показано, каким образом данный подход может использоваться для грамотной оптимизации персонала.*

**Ключевые слова:** нормирование труда, специалисты по охране труда, теория нечетких множеств, оптимизация персонала.

**Medvedeva Yu.V.**
PhD in Engineering, South Ural State University

# ALTERNATIVE METHOD FOR DETERMINING THE NUMBER OF EMPLOYEES OF THE WORK SAFETY SERVICE ON THE BASIS OF FUZZY SETS THEORY

***Abstract***

*The article presents a new alternative approach to the regulation of labour protection specialists' work based on fuzzy sets theory. The estimated expected number of employees is a point estimate of the number and is viewed as a fuzzy number with a triangular assignment of the membership function. An example of determining the number of workers of the work safety service using the theory of fuzzy sets is given. It is shown how this approach can be used for competent staff optimization.*

**Keywords:** labour standardization, occupational safety specialists, fuzzy sets theory, personnel optimization.

Статья 217 Трудового кодекса РФ [1] обязывает работодателей, у которых штат сотрудников более 50 человек, создавать службу охраны труда или вводить должность специалиста по охране труда. Для определения и обоснования необходимой численности работников службы охраны труда, установления должностных обязанностей Минтруд РФ рекомендует использовать «Межотраслевые нормативы численности работников службы охраны труда в организациях», утвержденные Постановлением Министерства труда и социального развития РФ от 22.01.2001 № 10 [2].

Тщательный анализ данного документа [3] доказал его неактуальность в современных условиях.

Кроме того, в связи со сложной экономической ситуацией работодатели всеми силами стремятся минимизировать затраты, нередко при этом используя оптимизацию персонала, которая напрямую связана с нормированием труда. Нужно помнить, что результатом оптимизации должна стать такая численность сотрудников, которая достаточна для безопасного производства работ.

Очень часто работодатели не принимают во внимание вопросы защищенности, руководствуясь только экономическими аспектами, тем самым превращая оптимизацию персонала в простое сокращение. Грамотное нормирование труда дает возможность провести оптимизацию рационально, на научной основе, тем самым обеспечивая правильность принятых работодателем решений.

В связи с выявленными противоречиями в нормировании труда специалистов по охране труда [4] Министерству труда и социальной защиты РФ в качестве рекомендаций предлагается воспользоваться новым альтернативным подходом определения численности, основанным на теории нечетких множеств.

Данный способ определения численности работников службы охраны труда может быть использован лишь для крупных предприятий, в структуре которых имеется служба (отдел, бюро) охраны труда. Численность службы охраны труда рассматривается в данном методе как случайная величина.

Предлагается следующий примерный алгоритм, который, должен включать следующие шаги:

1) определение видов экономической деятельности (отраслей), по которым будет возможно проведение нормирования данным образом;

2) определение необходимого количества (перечня) предприятий по каждому виду экономической деятельности, исходная информация о которых будет служить основой для дальнейшего расчета;

3) сбор статистической информации Государственными инспекциями труда (ГИТ) в субъектах РФ о фактическом количестве работников в службах (отделе, бюро) охраны труда и штатной численности работников данных предприятий (ГИТ имеет доступ к штатному расписанию предприятий в ходе проводимых плановых проверок);

4) обработка полученных данных, выявление корреляции между количеством работников службы охраны труда и общей численностью персонала внутри видов экономической деятельности (прослеживается ли тенденция к росту численности работников службы охраны труда при увеличении штатного расписания);

5) определение вида распределения случайной величины – численности работников службы охраны труда (равномерное, нормальное и т.д.);

6) расчет математического ожидания численности работников службы охраны труда;

7) определение рекомендуемой численности с помощью аппарата теории нечетких множеств.

Следует отметить, что у Министерства труда и социальной защиты РФ имеются необходимые законные полномочия для получения всей исходной информации, позволяющие реализовать описанный выше алгоритм.

Применение аппарата теории нечетких множеств для определения рекомендуемой численности работников службы охраны труда

Расчетная ожидаемая численность работников службы охраны труда является приблизительной точечной оценкой численности службы охраны труда. Когда мы говорим: «приблизительно три», «приблизительно двадцать пять» и т.п.,

то тем самым предполагаем использование нечеткого числа [5, С.35]. Нечеткое число показывает одновременно «пессимистическое» и «оптимистическое» представление о диапазоне изменения рассматриваемой величины, а вершина нечеткого числа содержит наиболее точное значение [6].

Представляем ожидаемую численность работников службы охраны труда в виде нечеткого числа с треугольным заданием функции принадлежности $\mu_{\tilde{X}}(x):[0,1]\to[0,1]$ (рис. 1).

Для нечеткого числа $\tilde{X}$ определяем нижнюю $X'$ и верхнюю $X''$ границы, удовлетворяющие условиям [7]:

$$\begin{aligned} &\forall\delta>0 \qquad \mu(X')=0; \qquad \mu(X'-\delta)=0; \quad \mu(X'+\delta)\neq 0; \\ &\forall\delta>0 \qquad \mu(X'')=0; \qquad \mu(X''-\delta)\neq 0; \quad \mu(X''+\delta)=0. \end{aligned} \tag{1}$$

$X'$ и $X''$ рассчитываются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} X' &= X-\beta(x); \\ X'' &= X+\beta(x), \end{aligned} \tag{2}$$

где $\beta(x)$ определяется в зависимости от разряда младшей значащей цифры числа *X*.

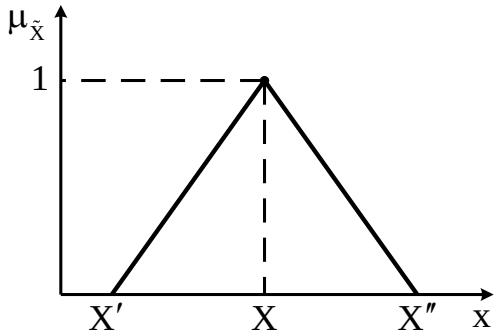



Рис. 1 – Нечеткое число с треугольным заданием функции принадлежности

Пусть *q* – разряд младшей значащей цифры $r_q$ числа *X*. Разбивая возможные значения *q* на классы вычетов по модулю 3, получим классы эквивалентности $M_d$, $d\in\{0,1,2\}$, где $d\equiv q(\mathrm{mod}\ 3)$ – остаток от деления *q* на 3.

На основании статистических исследований определено, что $\forall x\in Z$ из интервала [0,99] значение $\beta(x)$ найдено так, как показано в табл. 1 [8, 9].

Таблица 1 – Значения $\beta(x)$ для двузначных чисел

| $x$ | $\beta(x)$ |
|---|---|
| 1,2,3,4,6,7,8,9 | $0{,}46x$ |
| 10,20,30,40,60,70,80,90 | $(0{,}357-0{,}00163x)x$ |
| 35,45,55,65,75,85,95 | $(0{,}213-0{,}00067x)x$ |
| 5 | 2,8 |
| 15 | 6,45 |
| 25 | 6,75 |
| 50 | 24 |
| Прочие двузначные числа | $\frac{1}{2}\left(\beta\left(\left[\frac{x}{10}\right]\cdot 10+5\right)+\beta\left(x-\left[\frac{x}{10}\right]\cdot 10\right)\right)$ |

*Примечание: […] – целая часть числа.*

При $X\in M_0$: $\quad x=r_q\cdot 10; \quad \beta(X)=\beta(x)\cdot 10^{q-2}.$

При $X\in M_1$:

*а)* $r_{q+1}=0$: $\quad x=r_q; \quad \beta(X)=\beta(x)\cdot 10^{q-1};$

*б)* $r_{q+1}\neq 0$: $\quad x=r_{q+1}\cdot 10+r_q; \quad \beta(X)=\beta(x)\cdot 10^{q-1}.$

При $X\in M_2$:

*а)* $r_{q+1}=0$: $\quad x=r_q\cdot 10; \quad \beta(X)=\beta(x)\cdot 10^{q-2};$

$б)\ r_{q+1} \neq 0: \qquad x = r_{q+1} \cdot 10 + r_q; \qquad \beta(X) = \beta(x) \cdot 10^{q-1}.$

Когда $X$ – десятичная дробь, данный алгоритм применяется к мантиссе дроби, а затем учитывается ее порядок [10].

Пример определения численности работников службы охраны труда с использованием теории нечетких множеств

Допустим, что в выбранной нами отрасли (к примеру, машиностроение) на основе анализа соотношения численности службы охраны труда к общему числу работников предприятия, была выявлена связь между двумя этими величинами. Было установлено, что на предприятиях со штатной численностью 1000-1500 человек служба охраны труда в среднем состоит из трех специалистов.

Принимаем полученную величину работников службы охраны труда (три) за приближенную точечную оценку, представленную в виде нечеткого числа $\tilde{X}$ .

Далее для нечеткого числа $\tilde{X}$ определяем нижнюю $X'$ и верхнюю $X''$ границы.

В нашем случае $q$ равен 1, отсюда остаток деления $q$ на 3 будет равняться 1 (d=1).

Младшая значащая цифра $r_q$ числа $\tilde{X}$ равна 3, а $r_{q+1} = 0$.

Поэтому при $X \in M_1: \ x = r_q; \qquad \beta(X) = \beta(x) \cdot 10^{q-1}.$

По таблице 3 определяем, что $\beta(x)$ =0,46$x$.

В нашем случае $x$=3, $\beta(x)$ = 0,46·3=1,38, тогда $\beta(X)$=1,38·$10^0$=1,38.

Далее находим верхнюю и нижнюю границы:

$X'$ =3-1,38=1,62.

$X''$ =3+1,38=4,38.

Получается, что разброс значений численности работников службы охраны труда составляет от 1,62 до 4,38, т.е., если использовать округление – от 2 до 4 человек.

Отсюда следует, что работодатель (в нашем случае отрасль – машиностроение, штатная численность – 1000-1500 человек) может самостоятельно варьировать число работников службы охраны труда в пределах от 2 до 4 человек. Конечная цифра будет зависеть от особенностей конкретного предприятия, например, от занятости специалистов по охране труда, от финансовых возможностей работодателя и т.д. Для корректировки значения численности службы охраны труда можно дополнительно использовать аналитически-исследовательский метод нормирования труда, в основе которого лежат различные методы изучения затрат рабочего времени, например, хронометраж или фотография рабочего времени.

Кроме того, полученная нижняя граница численности может служить ориентиром при оптимизации персонала. Недопустимо сокращать численность персонала ниже установленной нижней границы. Из примера видно, что минимальная численность специалистов по охране труда составляет 2 человека, опускаться ниже этой границы нерационально и недопустимо.

Таким образом, теория нечетких множеств является полезным инструментом для определения необходимой численности персонала в условиях неопределенности, а также позволяет проводить оптимизацию персонала на научной основе, учитывая не только экономические аспекты, но и требования безопасности.

**Список литературы / References**

1. Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ «Трудовой кодекс РФ» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 01.09.2017).

2. Постановление Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22.01.2001 № 10 (ред. от 12.02.2014) «Об утверждении Межотраслевых нормативов численности работников службы охраны труда в организациях» [Электронный ресурс] // СПС КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 05.09.2017).

3. Медведева Ю.В. Ермолаева Н.А. Об актуальности межотраслевых нормативов численности службы охраны труда в организациях / Медведева Ю.В. Ермолаева Н.А// Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству»/под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. – С. 211–216.

4. Медведева Ю.В. Противоречия в нормировании труда специалистов по охране труда в условиях рыночной экономики [Электронный ресурс] / Ю. В. Медведева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 08-1(62). – С. 25–28. – URL: https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/08-1-62.pdf (дата обращения: 20.09.2017).

5. Чернов В. Г. Основы теории нечетких множеств. Решение задач многокритериального выбора альтернатив: учеб. пособие / В. Г. Чернов. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2005. – 100 с.

6. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 228 с.

7. Номоконова О. В. Применение нечетких множеств в оценке и прогнозировании опасных ситуаций: дис. … канд. техн. наук: 05.26.01: защищена 24.04.03: утв. 30.05.03 / Номоконова Ольга Валерьевна. – Челябинск, 2003. – 100 с.

8. Окраинская И. С. Организационно-системные методы повышения уровня электробезопасности на открытых горных работах: дис. … канд. техн. наук: 05.26.01: защищена 30.10.1997: утв. 13.02.1998 / Окраинская Ирина Сергеевна. – Челябинск, 1997. – 152 с.

9. Скофенко А. В. О построении функции принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам / А. В. Скофенко // Науковедение и инфоматика. – Вып. 22. – Киев: Наукова думка, 1981. – С. 70 – 79.

10. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Federal'nyj zakon ot 30.12.2001 № 197-FZ «Trudovoj kodeks RF» [The Federal Law «Labor code of the Russian federation» of 31.12.2001 No.197-FZ] [Electronic resource] // SPS Konsul'tantPljus. – URL: http://www.consultant.ru (accessed: 01.09.2017). [in Russian]

2. Postanovlenie Ministerstva truda i social'noj zashhity Rossijskoj Federacii ot 22.01.2001 № 10 (red. ot 12.02.2014) «Ob utverzhdenii Mezhotraslevyh normativov chislennosti rabotnikov sluzhby ohrany truda v organizacijah» [The ordinance of the Ministry of labor and social protection of the Russian Federation dated 22.01.2001 No. 10 (ed. by 12.02.2014) «On approval of cross-industry standards for the number of employees of service of labor safety in organizations»] [Electronic resource] // SPS Konsul'tantPljus. – URL: http://www.consultant.ru (accessed: 05.09.2017). [in Russian]

3. Medvedeva Ju. V. Ob aktual'nosti mezhotraslevyh normativov chislennosti sluzhby ohrany truda v organizacijah [On the relevance of cross-industry standards for the number of employees of service of labor safety in organizations] / Ju. V. Medvedeva, N. A. Ermolaeva // Materialy LV mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii «Dostizhenija nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu» [The materials LV international scientific-technical conference «Advances in science - agricultural production»]. – Cheljabinsk: FGBOU VO Juzhno-Ural'skij GAU, 2016. – P. 211–216. [in Russian]

4. Medvedeva Ju. V. Protivorechija v normirovanii truda specialistov po ohrane truda v uslovijah rynochnoj jekonomiki [The contradictions in the labor rate setting of specialists in the field of labor safety in the conditions of market economy] [Electronic resource] / Ju. V. Medvedeva // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2017. – № 08-1(62). – P. 25–28. – URL: https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/08-1-62.pdf (accessed: 20.09.2017). [in Russian]

5. Chernov V. G. Osnovy teorii nechetkih mnozhestv. Reshenie zadach mnogokriterial'nogo vybora al'ternativ: ucheb. posobie [Fundamentals of the theory of fuzzy sets. The solution of problems of multicriteria selection of alternatives: a tutorial] / V. G. Chernov. – Vladimir: Izd-vo Vladim. gos. un-ta, 2005. – 100 p. [in Russian]

6. Djubua D. Teorija vozmozhnostej. Prilozhenija k predstavleniju znanij v informatike [The theory of possibilities. Application to knowledge representation in computer science] / D. Djubua, A. Prad. – M.: Radio i svjaz', 1990. – 228 p. [in Russian]

7. Nomokonova O. V. Primenenie nechetkih mnozhestv v ocenke i prognozirovanii opasnyh situacij [The use of fuzzy sets in the assessment and prediction of dangerous situations]: dis. … of PhD in Engineering: 05.26.01: defense of the thesis 24.04.03: approved 30.05.03 / Nomokonova Ol'ga Valer'evna. – Cheljabinsk, 2003. – 100 p. [in Russian]

8. Okrainskaja I. S. Organizacionno-sistemnye metody povyshenija urovnja jelektrobezopasnosti na otkrytyh gornyh rabotah [Organizational and systematic methods for improving electrical safety in open cast mining]: dis. … of PhD in Engineering: 05.26.01: defense of the thesis 30.10.1997: approved 13.02.1998 / Okrainskaja Irina Sergeevna. – Cheljabinsk, 1997. – 152 p. [in Russian]

9. Skofenko A. V. O postroenii funkcii prinadlezhnosti nechetkih mnozhestv, sootvetstvujushhih kolichestvennym jekspertnym ocenkam [About constructing membership functions of fuzzy sets corresponding quantitative expert estimates] / A. V. Skofenko // Naukovedenie i infomatika [Science of science and Informatics]. – Vyp. 22. – Kiev: Naukova dumka, 1981. – P. 70 – 79. [in Russian]

10. Borisov A. N. Prinjatie reshenij na osnove nechetkih modelej: Primery ispol'zovanija [Decision making based on fuzzy models: Examples of use] / A. N. Borisov, O. A. Krumberg, I. P. Fedorov. – Riga: Zinatne, 1990. – 184 p. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.128**

**Овсянко Л.А.[1], Проскуряков М.С.[2]**
[1]ORCID: 0000-0003-4724-5964, кандидат экономических наук,
[2]ORCID: 0000-0001-9339-7286, аспирант ,
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АССОЦИАЦИИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПЕРЕРАБОТЧИКОВ И ТОРГОВЛИ

***Аннотация***

*В статье рассмотрены особенности создания и функционирования ассоциации (союза) сельхозпроизводителей, переработчиков и торговли, описаны функциональные задачи сторон соглашения: агропромышленного союза Красноярского края, ассоциации предпринимателей розничной торговли Красноярского края и государственного регионального центра стандартизации, метрологии и испытаний в Красноярском крае. Авторами сформулированы основные направления совершенствования организационно-экономического механизма функционирования союза через субсидирование и контроль со стороны государства.*

**Ключевые слова:** рынок молока и молочной продукции, субсидирование, ассоциация, качество.

**Ovsianko L.A.[1], Proskuriakov M.S.[2]**
[1]ORCID: 0000-0003-4724-5964, PhD in Economics,
[2]ORCID: 0000-0001-9339-7286, Postgraduate Student,
FSBEI of Higher Education Krasnoyarsk SAU

# IMPROVEMENT OF ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM OF THE ASSOCIATION OF AGRICULTURAL PRODUCERS OPERATION, PROCESSORS AND TRADE

***Abstract***

*The article deals with the peculiarities of the creation and operation of an association (union) of agricultural producers, processors and trade. It describes functional tasks of the parties to the agreement: the Krasnoyarsk region agro-industrial union, Krasnoyarsk retail entrepreneurs' association and the regional centre for standardization, metrology and testing in the Krasnoyarsk region. The authors formulated the main directions for improving the organizational and economic mechanism of the Association's operation through subsidies and control performed by the state.*

**Keywords:** market of milk and dairy products, subsidization, association, quality.

По данным статистики в 2015 г. на потребительский рынок Красноярского края поступило 22,6% цельномолочной продукции отечественного и 0,7 % импортного производства ненадлежащего качества. По сырам – это 28,5 и 63,3 % соответственно [6, С. 71]. В регионе, также, как и в целом по Сибирскому федеральному округу, преимущественная доля в производстве или реализации приходится на молоко первого сорта, при этом в объеме реализации процент высшего сорта возрастает (табл. 1). Необходимо отметить, что одним из условий предоставления государственной поддержки на производство и реализацию молока и молокопродуктов в крае является обеспечение качества реализованного молока не ниже первого сорта [1]. Поэтому в региональной структуре реализации преобладает молоко первого сорта.

Таблица 1 – Качество реализованного молока, в % от общей реализации

| Показатель | 2011 г | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. |
|---|---|---|---|---|---|
| Высший сорт | 18,8 | 18,9 | 27,0 | 34,7 | 31,6 |
| Первый сорт | 77,4 | 77,3 | 71,5 | 65,1 | 66,7 |
| Второй сорт | 3,7 | 3,8 | 1,8 | 0,2 | 1,7 |
| Несортовое молоко | 0,1 | - | - | - | - |

В современных условиях для развития региональных продуктовых рынков, в том числе рынка молока и молочной продукции возрастает роль различного рода интеграционных формирований. Особый интерес представляет изучение особенностей создания и функционирования ассоциации (союза) производителей, переработчиков и торговли [7, С. 34].

В регионе примером такого объединения является созданная в 2016 г. ассоциации сельхозтоваропроизводителей, переработчиков и торговли «Енисейский стандарт», цель которой заключается в обеспечении взаимодействия по вопросам повышения качества продуктов питания, производимых и реализуемых на территории Красноярского края. Поэтому союз обеспечивает деятельность на рынке лишь тех организаций, продукция которых является натуральной и проходит сертификацию, что способствует повышению их доходности.

Союз сформирован на основе соглашение между Агропромышленным союзом Красноярского края, Ассоциацией предпринимателей розничной торговли Красноярского края и Государственным региональным центром стандартизации, метрологии и испытаний в Красноярском крае. Функционирование союза осуществляется по средствам взаимодействия всех участников соглашения, каждый из которых решает соответствующие задачи (табл. 2).

Таблица 2 – Функциональные задачи ассоциации сельхозтоваропроизводителей, переработчиков и торговли «Енисейский стандарт»

| Сторона соглашения | Задачи |
|---|---|
| Агропромышленный союз Красноярского края | Разработка механизмов всестороннего сотрудничества членов союза;<br>Следовать правилам размещения знака соответствия системе добровольной сертификации;<br>Выявить более эффективные механизмы продвижения региональной продукции, отмеченной знаком качества. |
| Ассоциация предпринимателей розничной торговли Красноярского края | Разработать мероприятия по продвижению региональной продукции, отмеченной знаком качества;<br>Участвовать в мероприятиях по борьбе с фальсификатом;<br>Всячески способствовать достижению целей союза. |
| Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Красноярском крае | Предоставлять право союзу использовать знак качества на договорной основе;<br>Проводить работы по сертификации продукции;<br>Информировать об итогах сертификации и проводимом контроле. |

Существенную конкуренцию для местного молочного рынка составляет продукция из других регионов. Так, на федеральные сети: молочный комбинат «Милко» и ОАО «Вимм-Билль-Дамм» приходится 70% переработки молока региона [9, С. 38].

В связи с этим приоритетной задачей ассоциации в целом является продвижение продукции местных производителей под единым брендом «Село родное», что делает продукцию более узнаваемой и конкурентоспособной. При этом немаловажное значение играют услуги различного рода организаций, включая научно-исследовательские институты и т.п.

На данном этапе функционирования ассоциации важная роль отводится государству в лице региональных и федеральных органов власти, которое осуществляет субсидирование и контроль деятельности союза на основе согласованной программы развития рынка.

На сегодняшний день союз включает в себя более 30 крупных предприятий региона. Под единым брендом реализуется продукция таких крупных местных производителей, как ОАО «Молоко» (Сибиржинка), ЗАО АПХ «АгроЯрск» (АгроЯрск), ООО «Назаровское молоко».

Существенный вклад в переработку сырого молока в регионе вносит ОАО «Молоко» Минусинского района (Южная зона). Общество применяет все передовые технологии, с 2013 года здесь внедрена и сертифицирована система менеджмента качества на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2011. Имеется более двадцати сертификатов качества на молочную продукции до 2019-2020 гг. в рамках деятельности в ассоциации. Молочная продукция реализуется преимущественно на юге Красноярского края, в Республике Хакасия и Республике Тыва. Ежегодно организация занимает призовые места в различные рода конкурсах, так в 2016 г. оно стало лауреатом конкурса «Сто лучших товаров России».

ОАО «Молоко» закупает сырое молоко у населения и различных предприятий, расположенных в Минусинском, Курагинском, Каратузском, Ермаковском, Идринском, Краснотуранском и Шушенском районах, а также в республике Хакасии. Больший удельный вес в структуре поставок сырого молока приходится на ФГПУ «Курагинское» Курагинского района – более 20 %.

Вступление в ассоциацию позволяет организациям производителям и переработчикам увеличивать производство молока и молочной продукции и повышать экономические показатели (табл. 3,4).

Таблица 3 – Прогноз развития производства молока в ФГПУ «Курагинское» с учетом государственной поддержки

| Показатель | Факт 2012 г. | Факт 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сумма государственной поддержки, тыс. руб. | 6235,0 | 19119,2 | 20041,3 | 21300,1 | 22107,4 | 23005,8 | 24320,7 |
| Валовое производство молока, ц | 34055,5 | 45482,5 | 46287,0 | 47495,0 | 49105,0 | 5117,5 | 52325,0 |
| Среднегодовые надои, кг/гол. | 4230,5 | 5650 | 5750 | 5900 | 6100 | 6350 | 6500 |
| Уровень товарности, % | 0,75 | 0,81 | 0,85 | 0,85 | 0,90 | 0,90 | 0,91 |
| Рентабельность затрат, % | 17,1 | 24,1 | 25,0 | 27,5 | 28,3 | 31,2 | 33,4 |

В ФГПУ «Курагинское» с 2012 по 2016 гг. объем государственного финансирования вырос в три раза, а с 2016 по 2021 гг. сумма государственной поддержки, включающая субсидии на увеличение надоев молочного стада и субсидии бесперебойности поставок, повысится на 27,2 % и составит 24320,7 тыс. руб. При этом увеличение продуктивности молочного стада до 6500 кг/гол. приведет к росту валового производства молока на 6842,5 ц. Уровень товарности к 2021 г. повысится до 91 %, а рентабельность затрат возрастет на 9,3 п.п.

Таблица 4 – Прогноз развития переработки молока в ОАО «Молоко» с учетом государственной поддержки

| Показатель | Факт 2012 г. | Факт 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сумма государственной поддержки, тыс. руб. | 0 | 3990,4 | 8100 | 9180 | 10530 | 13770 | 13770 |
| Объемы переработки молока, т | 18000 | 26000 | 28000 | 30000 | 30000 | 35000 | 35000 |
| Рентабельность производства продукции, %: | | | | | | | |
| - масло | 9,5 | 11,9 | 12,3 | 14,5 | 17,5 | 19,0 | 20,3 |
| - молоко | 10,7 | 13,0 | 15,2 | 16,3 | 17,2 | 20,0 | 22,1 |
| - сметана, сливки | 12,5 | 15,0 | 15,9 | 16,1 | 17,8 | 19,1 | 21,8 |
| - кисломолочная продукция | 18,8 | 20,7 | 21,2 | 22,3 | 23,0 | 23,2 | 23,9 |
| - творог, сыр | 8,3 | 11,4 | 13,2 | 13,8 | 14,7 | 15,8 | 17,1 |

Участие в ассоциации и увеличение бюджетного финансирования ОАО «Молоко» за период исследования способствовало расширению производственных мощностей и росту объемов переработки молока в 1,4 раза. К 2021 г. планируется рост объемов переработки до 35000 т. В то же время, прибыльность производства продукции в среднем повысится на 7 п.п.

Таким образом, сельхозтоваропроизводители – участники ассоциации имеют существенные преимущества перед другими участниками рынка. Реализуя натуральную, сертифицированную продукцию, они формируют положительную деловую репутацию на рынке, а все понесенных ими затраты, в должном объеме компенсируются государством.

**Список литературы / References**

1. Закон Красноярского края «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края» от 21.02.2006 г. № 17-4487 (в ред. от 07.07.2016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

2. Постановление Правительства Красноярского края об утверждении Государственной программы Красноярского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2014 - 2020 годы» от 30.09.2013 № 506-п/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

3. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Красноярского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.krasagro.ru/.

4. Агропромышленный комплекс России в 2015 г. – М.: Росинформагротех, 2016. – 704 с

5. Агропромышленный комплекс Красноярского края в 2014 г. – Красноярск, 2015. – 183 с.

6. Красноярский краевой статистический ежегодник 2015: стат. сб. – Красноярск: Красноярскстат, 2015. – 495 с.

7. Совершенствование организационно-экономического механизма интеграции / В.Г. Кайшев, А.А., Дибиров // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. - № 6. – С. -32-40.

8. Овсянко, Л.А. Концептуальные основы развития рынка молока и молочной продукции / Л.А. Овсянко, М.С. Проскуряков // Экономика и предпринимательство. – 2017. - № 8 (ч.2). – С. -509-515.

9. Овсянко Л.А. Размещение и специализация молочно-продуктовых и перерабатывающих организаций в Красноярском крае / Овсянко Л.А. // Экономика сельского хозяйства России. – 2016. – № 11. – С. 37-41.

10. Ушачев, И.Г. Агропродовольственный сектор России в условиях санкций: проблемы и возможности / И.Г. Ушачев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 5. – С. 2–8.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Zakon Kracnojarckogo kraja «O gocudarctwennoj podderzhke cub#ektow agropromyschlennogo komplekca kraja» [Law of Krasnoyarsk territory "On state support of subjects of agriculture of edge"] ot 21.02.2006 g. № 17-4487 (w red. ot 07.07.2016) [Electronic resource]. – Rezhim doctupa: http://www.consultant.ru [in Russian]

2. Poctanowlenie Prawitel'ctwa Kracnojarckogo kraja ob utwerzhdenii Gocudarctwennoj programmy Kracnojarckogo kraja «Raswitie cel'ckogo chosjajctwa i regulirowanie rynkow cel'ckochosjajctwennoj produkzii, cyr'ja i prodowol'ctwija na 2014 - 2020 gody» [The resolution of the Krasnoyarsk region Government on approval of the State program of Krasnoyarsk Krai "Development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2014 - 2020"] ot 30.09.2013 № 506-p/ [Electronic resource].– Rezhim doctupa: http://www.consultant.ru. [in Russian]

3. Ovizial'nyj cajt Minicterctwa cel'ckogo chosjajctwa Kracnojarckogo kraja [Official website of the Ministry of agriculture of the Krasnoyarsk territory] [Electronic resource]. – Rezhim doctupa: http://www.krasagro.ru/ [in Russian]

4. Agropromyschlennyj komplekc Roccii w 2015 g. [Agro-industrial complex of Russia in 2015]. – M.: Rocinvormagrotech, 2016. – 704 p. [in Russian]

5. Agropromyschlennyj komplekc Kracnojarckogo kraja w 2014 g. [The agro-industrial complex of the Krasnoyarsk region in 2014]. – Kracnojarck, 2015. – 183 p. [in Russian]

6. Kracnojarckij kraewoj ctatictitscheckij ezhegodnik. 2015: [Krasnoyarsk regional statistical Yearbook 2015]. ctat. cb. – Kracnojarck: Kracnojarckctat, 2015. – 495 p. [in Russian]

7. Cowerschenctwowanie organisazionno-jekonomitscheckogo mechanisma integrazii [Improvement of organizational and economic mechanism of integration] / W.G. Kajschew, A.A., Dibirow // Jekonomika cel'ckogo chosjajctwa Roccii [Economics of agriculture of Russia]. – 2017. - № 6. – pp. -32-40. [in Russian]

8. Owcjanko, L.A. Konzeptual'nye ocnowy raswitija rynka moloka i molotschnoj produkzii [Conceptual basis for the development of the market of milk and dairy products] / L.A. Owcjanko, M.C. Prockurjakow // Jekonomika i predprinimatel'ctwo [Economics and entrepreneurship]. – 2017. - № 8 (tsch.2). – pp. -509-515. [in Russian]

9. Owcjanko L.A. Rasmeshenie i cpezialisazija molotschno-produktowych i pererabatywajushich organisazij w Kracnojarckom krae [Placement and specialization of the dairy-and food processing companies in Krasnoyarsk region] / Owcjanko L.A. // Jekonomika cel'ckogo chosjajctwa Roccii [Economics of agriculture of Russia]. – 2016. – № 11. – pp. 37-41. [in Russian]

10. Uschatschew, I.G. Agroprodowol'ctwennyj cektor Roccii w uclowijach cankzij: problemy i wosmozhnocti [The agri-food sector in Russia in conditions of sanctions: challenges and opportunities]. / I.G. Uschatschew // Jekonomika cel'ckochosjajctwennych i pererabatywajushich predprijatij [Economics of agricultural and processing enterprises]. – 2015. – № 5. – pp. 2–8. [in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.172**

**Сайбель Н. Ю.[1], Косарев А. С.[2]**
[1]ORCID: 0000-0003-1975-4155, кандидат экономических наук,
[2]ORCID: 0000-0002-5966-2653, аспирант,
[1,2]Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

## ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СТРАН С ПЕРЕХОДНОЙ ЭКОНОМИКОЙ

***Аннотация***

*В статье представлены различные подходы исследователей к переходной экономике. Представлены мнения исследователей о современном состоянии экономической системы и предполагаемое направление ее развития. Определены проблемные аспекты экономики переходного периода, выявлены проблемные аспекты инновационной активности стран с переходной экономикой. Выявлены качественно различные состояния переходного периода (интенсивный тип развития в рамках одной экономической системы или переход к качественно новой системе экономических отношений). К основному преимуществу стран с переходной экономикой можно отнести наличие ресурсов (природных, человеческих). К основному противоречию переходной экономики относится противоречие между старой и новой системой экономических отношений. Следствиями данного противоречия является макроэкономическая неопределенность, распространенность неформальных практик, высокая зависимость от импорта высоких технологий, не расположенность предприятий к риску.*

**Ключевые слова:** переходная экономика, инновационное развитие, инновационная активность, модернизация.

**Sajbel' N. Ju.[1], Kosarev A. S.[2]**
[1]ORCID: 0000-0003-1975-4155,PhD in Economics,
[2]ORCID: 0000-0002-5966-2653, A Postgraduate student,
[1,2]Kuban state University (Krasnodar)

## PROBLEM ASPECTS OF INNOVATIVE ACTIVITY OF COUNTRIES WITH TRANSITIONAL ECONOMY

***Abstract***

*The article presents different approaches of researchers to the transitional economy. The views of researchers on the current state of the economic system and the expected direction of its development are presented. The problematic aspects of the transitional economy are identified, and problematic aspects of innovative activity of countries with transitional economies are identified. Qualitatively different states of the transitional period (intensive type of development within the framework of one economic system or transition to a qualitatively new system of economic relations) are revealed. The availability of resources (natural, human) can be attributed to the main advantage of countries with transitional economy. The main contradiction of the transitional economy is the contradiction between the old and the new system of economic relations. Consequences of this contradiction are macroeconomic uncertainty, the prevalence of informal practices, high dependence on high technology imports, and the fact that enterprises are not ready to risk.*

**Keywords**: transitional economy, innovative development, innovative activity, modernization.

Научно-технический прогресс привел к разрыву в экономическом развитии между развитыми и развивающимися странами. Увеличивающийся темп инновационного развития приводит к еще большему отставанию в экономическом развитии развивающиеся страны. Научно-технический прогресс привел к доминированию в развитых странах высокотехнологичных видов экономической деятельности, наукоемких методов менеджмента предприятий независимо от вида экономической деятельности, под которыми понимается управление знанием в составе объектов интеллектуальной собственности. В развивающихся странах развиты преимущественно средне- и низкотехнологичные виды экономической деятельности.

Дифференциация в экономическом развитии кроется в логическом развитии мировой экономической системы, а также в структуре переходного периода в экономическом развитии, чем объясняется актуальность выбранная тема.

Методологическими источниками послужили работы таких авторов как Сидоров В. А., Николаева Н. П., Рыбина З. В., Глазьев С. Ю., Нуралиев С. У. Практическими источниками послужили работа следующих авторов: Жолдак В. И., Леонова М. В., Гуревич В., Кастельс М., Шваб К., Сайбель Н. Ю., Круглов В. Н. и др.

Перечисленные источники определили цель рассмотрения характеристик переходной экономики, препятствующей инновационной активности. Поставленная цель определила следующие задачи: определение экономической системы, характеристика экономики переходного периода.

В соответствии с классификацией Международного валютного фонда (МВФ) к развивающимся странам относятся Россия, Китай, Индия, Бразилия; к развитым – США и Канада, Германия, Франция, Япония [1]. К странам с переходной экономикой Нуралиев С. У., Нуралиев Д. С., Глазьев С. Ю. относят страны бывшего социалистического лагеря, которые в силу распада планово-экономической системы перешли к строительству рыночной экономической системы [2, С. 321], [3, С. 129]. Данный переход сопровождался масштабными преобразованиями, разрывом производственных связей, переходу к новой логике экономических взаимоотношений.

Под системой в общем случае можем понимать определенную упорядоченную совокупность структурных и/или функциональных элементов информации, энергии, вещества, образующих целое, обладающие особенностями и свойствами, которые отсутствуют у составляющих ее элементов, взятых в отдельности.

К основным видам систем относятся биологические, технические, социально-экономические. В основе социально-экономических систем лежат интересы людей и их объединений.

На сегодняшний день отсутствует единое общепринятое понятие экономической системы. Жолдак В. И. под экономической системой понимает совокупность экономических процессов в обществе (производство, распределение, обмен, потребление, производство), направленных на удовлетворение непроизводственного и производственного потребления [4, С. 23]. Поддерегина Л. И. представляет экономическую систему как совокупность всех видов экономической деятельности людей в процессе их взаимодействия, направленных на производство, обмен, распределение и потребление товаров и услуг, а также регулирование такой деятельности в соответствии с целью общества [5, С. 73]. Лапаева М. Г. под экономической системой понимает структуру общественного производства, включающая совокупность производительных сил и экономических отношений [6, С. 230]. Сидоров В. А. определяет экономическую систему как процесс производства, распределения, обмена и потребления материальных благ [7, С. 238]. Герасимова Н. О под экономической системой понимает совокупность всех экономических процессов, функционирующих в обществе на основе сложившихся в нем отношений собственности и организационно-экономических и правовых форм производства, распределения, обмена и потребления материальных и нематериальных благ [8, С. 135].

Обобщив представленные определения под экономической системой можем понимать совокупность производственных и непроизводственных отношений, касающихся отношений собственности. Это сложная динамическая система, относится к классу кибернетических.

Структурно экономическая система состоит из ресурсов производства, действующих экономических законов, субъектно-объектных связей в экономике, имущественных отношений и характера их присвоения, форм и методов организации хозяйственной деятельности, поведения экономических субъектов [7, С. 103]. Центральным звеном экономической системы служит процесс реализации отношений собственности.

Экономическая система развивается циклично, то есть периоды экономического подъема сменяются периодами спада экономической активности, кризисом, во время которого экономическая система структурно изменяется. Так появляется экономика переходного периода. К. Маркс считал, что переходный период между капитализмом и коммунизмом неизбежен [9, С. 132].

Переходный период имеет точку начала и точку конца. Длительность и масштабность переходного периода зависит от существующего базиса, производительных сил общества. Переходный период может занимать достаточно длительный период времени. Например, переходный период после выхода из-под колониальной зависимости целого ряда стран занял около 60 лет. Окончание переходного периода одни исследователи связывают с достижением показателей ВВП докризисного уровня, другие с достижением показателей ВВП развитых стран. Однако, экономика переходного периода – экономика преимущественного развития, то есть традиционные макроэкономические показатели не отражают в полной мере ее эффективность.

Трансформационный кризис бывает двух видов: трансформационно-системный, когда изменяется логика экономических отношений (переход от социализма к капитализму и наоборот); перманетный кризис, при котором преобразуются существующая система экономических отношений без изменения своих основ (переход к более высокому технологическому укладу в рамках капиталистической социально-экономической системы).

Рразвитие экономической системы осуществляется посредством трансформационных кризисов, во время которых внедряются новые техники и технологии, активно осуществляется научная работа по поиску решений накопившихся противоречий.

Началом существования новой экономической системы является переходный период со специфической экономикой системой. Переходная экономика – стадия развития новой общественно-исторической формации. В качестве основного противоречия стран с переходной экономикой Сидоров В. А., Николаева Н. П. Маркс К., Нуралиев С. У., Нуралиев Д. С. [7, С. 56] [10, С. 67] [9, С. 67] [2, С. 56]. относят противоречие между отжившей себя экономической системой (зачастую симбиозом разных технологических укладов) и формирующейся экономической системой. Данное противоречие выступает основным в переходной экономике. Оно проявляется следующим образом: четкими границами; институциональной незавершенностью; длительностью [11, С. 40]. Итогом переходного периода должно стать инновационное развитие экономики, что является ответом на вызовы развитию и разрешением основного противоречия экономического развития.

Успешность преобразовательных реформ определяется модернизацией экономической системы без изменения ее основ. Модернизация экономической системы выражается в становлении эффективного механизма управления технологией, определяющей направление применения инновационного потенциала общества (совокупность технических и социально-экономических ресурсов, необходимых для достижения целей социально-экономического развития); минимизации социально-экономических издержек, максимизации валового дохода, повышении эффективности хозяйствующих субъектов как в государственном, так и в частном секторе, росте производительности труда, инвестициях, в появлении новых малых и средних предприятий и создании условий для их роста, увеличение производства вследствие превращения большинства факторов-ресурсов в системные образования, кратного роста

энергообеспеченности жизнедеятельности человека, доминированием результатов, достигнутых с использованием новых целостных многоотраслевых научных знаний, что выводит взаимосвязанные элементы экономической системы на новый уровень [12, С. 32], [13, С. 78].

В переходном периоде З. В. Рыбина выделяет три этапа (рис. 1) [11, С. 40].

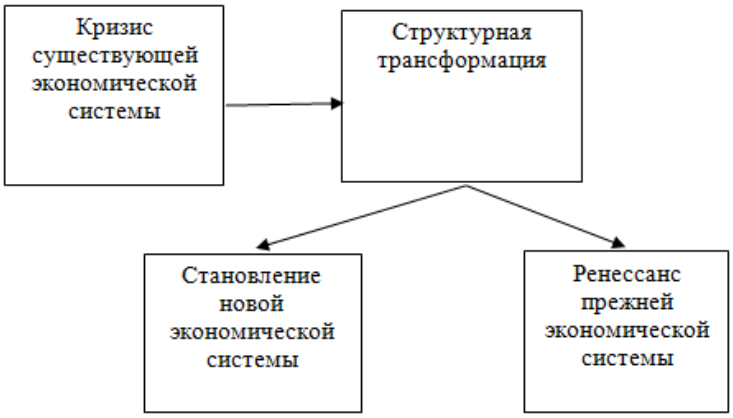



Рис. 1 – Этапы переходного периода

Первый этап связан с осознанием кризиса и с началом переходных процессов, выражающемся в смене политико-правовой надстройки, основных институциональных изменений, отражением возможной агрессии со стороны элементов старой общественно-экономической формации, построении материально-технической базы новой системы.

На втором, решающем, этапе происходят структурные трансформации в экономической системе, основу которой составляют технологии новой общественно-экономической формации.

Завершающий этап может привести либо к становлению новой экономической системы, либо к ренессансу прежней экономической системы. Ренессанс прежней экономической системы не стоит отождествлять с регрессом, если были преодолены противоречия, препятствующие экономическому развитию.

Экономическая система развивается посредством трансформационного кризиса, поэтому развивающиеся экономики характеризуются трансформационным кризисом. Представленные характеристики переходного периода отражаются на инновационном развитии переходной экономической системы. К основным препятствиям инновационной активности развивающихся экономик Руководство Осло относит следующие: макроэкономическая неопределенность; нестабильность, обусловленная институциональной слабостью; недостаточная осведомленность общества об инновациях; не расположенность предприятий к риску; наличие препятствий для начала бизнеса, отсутствие инструментов государственной политики по поддержке бизнеса и подготовке кадров управляющих; распространение «неформальных практик»; высокая зависимости от импорта высоких технологий [14, С. 32].

Данные характеристики во многом осложняют не только инновационную активности хозяйствующих субъектов, но и процесс планирования инновационного развития.

В Руководстве Осло признается, что большая часть инноваций, появляющихся в развивающихся странах, связана с изменениями механизмов распределения и улучшения, что может быть следствием противоборства отжившей себя и только формирующейся системой экономических отношений.

Для определения направления развития переходной экономики стоит рассмотреть современную стадию развития промышленного производства. Ее завершение Д. Рифкин, М. Кастельс связывают с энергетическим фактором: ростом цен на нефть в 1974 и в 1979 гг.; достижением пика производства нефти на душу населения [15, С. 210], [16, С. 239]. Добыча нефти в России в 2016 году достигла наивысшего уровня за период с 1990 года, достигнув 549 млн. т. [17, С. 5]. Переход к новому энергетическому режиму возможен посредством выстраивания новой экономической системы, в основе которой М. Кастельс, Д. Рифкин, Глазьев С. Ю., К Шваб рассматривают знание и информацию; инновации в области информационно-коммуникационных устройств, обрабатывающих информацию; быстрое и масштабное распространение новых технологий; сетевую логику экономической системы; гибкость информационно-технологической парадигмы, заключающаяся в оптимальном сочетании разных форм собственности в общественном производстве и воспроизводстве [16, С. 98], [15, С. 49], [3, С. 78], [18, С. 56].

В качестве предполагаемых последствий современной технологической революции К. Шваб, Б. Н. Кузык и Ю. В. Яковец рассматривают развитие процесса глобализации, сохранение цикличности экономической динамики, разрыв в уровне экономического развития различных стран и слоев; меняющиеся ожидания потребителей; совершенствующиеся качество продуктов [18, С. 67], [19, С. 202].

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года включено несколько направлений: развитие человеческого потенциала; создание высоконкурентной институциональной среды, стимулирующей предпринимательскую активность и привлечение капиталов в экономику; структурная диверсификация экономики на основе инновационного технологического развития; закрепление и расширение глобальных конкурентных преимуществ России в традиционных сферах (энергетика, транспорт, аграрный сектор, переработка природных ресурсов); расширение и укрепление внешнеэкономических позиций России, повышение эффективности ее участия в мировом разделении труда; переход к новой модели пространственного развития экономики [20, С. 32].

Реализация этих направлений должна разрешить основные противоречия развития современной экономики России. В экономической системе современной России можем заметить противоречие между экспортно-сырьевой

ориентацией экономики и необходимостью развития перерабатывающих и обрабатывающих секторов экономики. Данное противоречие выражается в государственной поддержке «квазииноваций», недостаточном уровне подготовке отечественных управленцев к работе с инновационными проектами; макроэкономической неопределенности; нестабильности, обусловленной институциональной слабостью; не расположенностью предприятий к риску; отсутствием инструментов государственной политики по поддержке бизнеса; распространением «неформальных практик»; высокой зависимостью от импорта высоких технологий [21, С. 65].

На наш взгляд, одним из основных показателей, характеризующих переходную экономику является индекс производительности труда, который отражает эффективность управленческих технологий. Индекс производительности труда – частное от деления индексов физического объема ВВП и индекса изменения совокупных затрат труда в эквиваленте полной занятости [22]. Динамика индекса производительности труда в целом по экономике России представлена на рисунке 1.

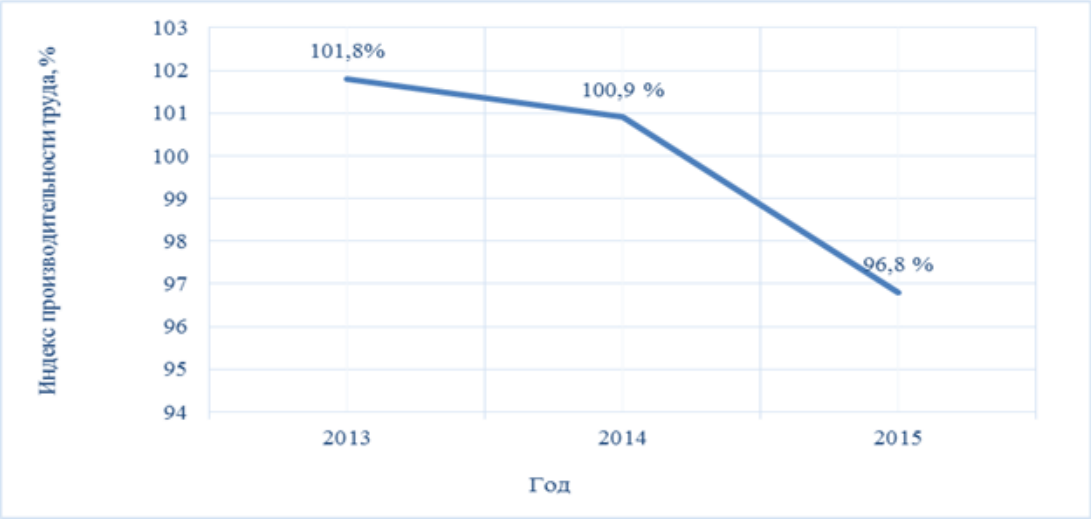



Рис. 2 − Индекс производительности труда в целом по экономике России, %

Динамика российского экспорта нефти говорит о существенном усилении экспортной ориентации нефтяного сектора: удельный вес чистого экспорта нефти и нефтепродуктов в производстве нефти повысился с 47,7% в 1990 г. до 74,6% в 2016 г. [22, С. 14].

На рисунке 2 представлен удельный вес инновационно активных организаций, осуществляющих технологические, организационные, маркетинговые инновации в целом по России. Снижающийся удельный вес таких организаций говорит о не расположенности предприятий к риску, отсутствии механизмов государственной поддержки инновационной активности, низкого спроса на инновации.

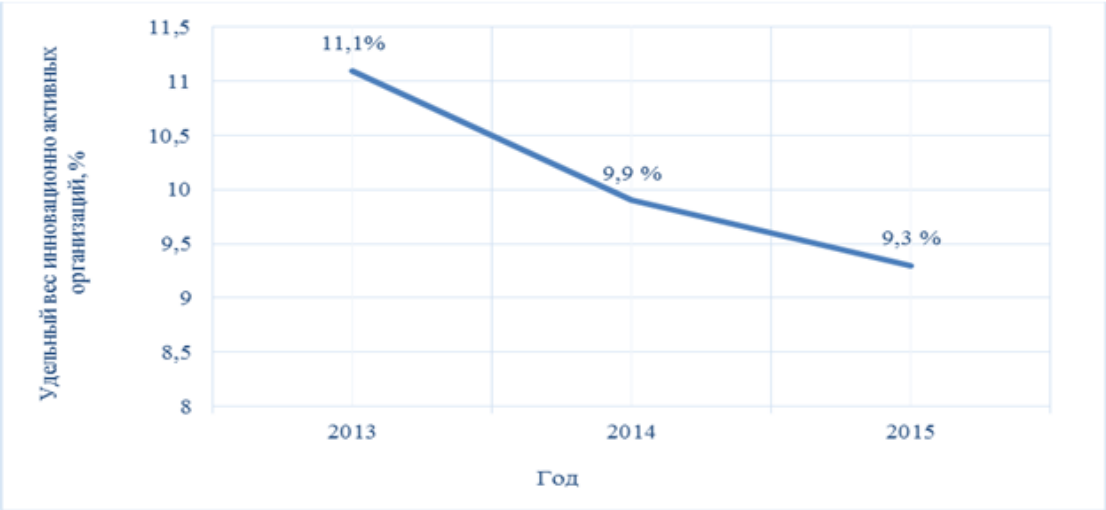



Рис. 3 − Удельный вес инновационно активных организаций, %

Отрицательную динамику удельного веса инновационно активных организаций можем объяснить низким спросом на инновационную продукцию, слабой взаимосвязью между наукой и производством, неопределенностью развития в переходный период.

Отрицательная динамика удельного веса инновационно активных организаций, низкая конкурентоспособность отечественных инновационных продуктов приводит к необходимости импортирования высокотехнологичных товаров.

Данные Росстата позволяют сравнивать доли высокотехнологичных товаров в экспорте и импорте в целом по России. Данные показатели по видам экономической деятельности и типам предприятия Росстатом не разрабатываются. Динамика доли высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта по России в целом представлена в таблице 1. Динамика доли высокотехнологичных товаров в общем объеме импорта по России в целом представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Доля высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта по России в целом

| Показатели | 2013 год | 2014 год | 2015 год |
|---|---|---|---|
| Доля экспорта, % | 10,2 | 10 | 12,8 |

Таблица 2 – Доля высокотехнологичных товаров в общем объеме импорта по России в целом

| Показатели | 2013 год | 2014 год | 2015 год |
|---|---|---|---|
| Доля импорта, % | 62,4 | 61,2 | 58,7 |

По сравнению с развитыми странами поступления от экспорта технологий в 2014 году в России составили 1279,2 млн. долл., а США – 126517, 0 млн. долл., в Японии – 34788, 2 млн. долл.; выплаты по импорту технологий в 2014 году в России составили 2455,8 млн. долл., в США – 87617, 0 млн. долл., в Японии – 5919, 8 млн. долл. [20, С. 45] (таблица 3).

Таблица 3 – Поступления/выплаты от экспорта/импорта технологий в 2014 году

| Страна | Поступления от экспорта технологий в млн. долл. | Выплаты по импорту технологий в млн. долл. |
|---|---|---|
| Россия | 1279,2 | 2455,8 |
| Япония | 34788,2 | 5919,8 |
| США | 126517, 0 | 87617, 0 |

Россия заметно уступает и по другим показателям инновационной активности развитым странам: ассигнования на исследования и разработки из средств государственного бюджета в 2014 году в России составили 36974, 4 млн. долл., в США – 135665, 0 млн. долл. в Японии – 34685, 2 млн. долл.; внутренние затраты на исследование и разработки в процентах к ВВП в 2014 году составили в России 1, 19% ВВП, в Японии – 3, 47 % ВВП, в США – 2, 73 % ВВП [23, С. 123].

К прочим показателям инновационной активности экономики относятся: удельный вес в общемировом числе публикаций в научных журналах, индексируемых в Web of Science; число патентных заявок на изобретения, поданные национальными и иностранными заявителями в патентные ведомства страны в России; число патентных заявок, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом. По этим показателям развитые страны превосходят Россию. Так, удельный вес России в общемировом числе публикаций в научных журналах, индексируемых в Web of Science за 2014 составил 2, 05 %, в то время доля США – 24, 91 %, Японии – 4, 99 %. Число патентных заявок на изобретения, поданные национальными и иностранными заявителями в патентные ведомства страны в России в 2014 году составили 40308 в США – 578802, в Японии – 352989. Число патентных заявок, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом в 2014 году в России составили 371,5 в США – 3164, 34, в Японии – 7135, 8.

В Глобальном инновационном индексе-2016 (ГИИ-2016) Россия заняла 39 место из 50 в группе стран с высоким уровнем развития [24]. Рейтинг представляет собой оценки сильных и слабых сторон российской инновационной системы.

К конкурентным преимуществам доклад относит занятость женщин с высшим образованием, количество выпускников вузов по инженерным специальностям, экспорт культурных и творческих услуг. По этим показателям Россия занимает второе и одиннадцатые места соответственно.

К слабым сторонам отечественной инновационной системы докладом ГИИ-2016 отнесены: инновационные связи (112 место из 128), верховенство закона (104), качество регулирования (97), валовое накопление капитала (95).

Данные показатели говорят об отсутствии устойчивых структурных экономических связях и, соответственно, низкой коммерциализацией научных достижений. Следствиями этого выступает утечка разработок отечественных ученых за рубеж, переориентация части научных исследований на обслуживание внешнего спроса, импортирование высокотехнологичных товаров [25, С. 212].

Показатели инновационной активности предприятий говорят об отрицательной динамике инновационной активности экономики. Низкие показатели инновационной активности переходной экономики обусловлены трансформационным кризисом, макроэкономической нестабильностью, высокой зависимостью от импорта высоких технологий. Главной фактором низкой инновационной активности переходной экономики, по нашему мнению, является макроэкономическая неопределенность. Вследствие этой неопределенности повышаются риски инновационных проектов, отсутствуют структурные связи в экономической системе, снижается мотив осуществления инновационных проектов.

Что касается особенностей отрицательной инновационной активности отечественных экономических субъектов, то причины этого кроются в структуре экономической системы: отставание в решении актуальных модернизационных задач в национальной экономике; финансовый дисбаланс; высокие системные риски экономического развития в силу чрезмерной зависимости от секторов, которым имманентна неопределенность ценовой конъюнктуры на мировых рынках; отсутствие долгосрочных целей и приоритетов государства в сфере фундаментальных исследований; неразвитость механизмов взаимодействия сферы производства товаров и услуг, сферы научно-исследовательских и конструкторских разработок [25, С. 108], [26, С. 60], [27, С. 48].

**Список литературы / References**

1. World economic outlook (International Monetary Fund) World economic outlook: a survey by the staff of the International Monetary Fund. — Washington, DC: International Monetary Fund, 2015 – 231 p.

2. Нуралиев С. У. Экономика: учебник для бакалавров / С. У. Нуралиев, Д. С. Нуралиева. - М.: Дашков и К, 2015. — 432 с.

3. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / С. Ю. Глазьев - М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.

4. Жолдак В. И. Менеджмент / В. И. Жолдак. - М.: Физическая культура, 2006. — 372 с

5. Поддерегина Л. И. Сущность и структура социально-экономической системы общества / Л. И. Поддерегина // Наука и техника. – 2007. — № 4. — С. 72-79.

6. Лапаева М. Г. Трансформация экономических систем: теория и закономерности / М. Г. Лапаева // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — № 8. — С. 228-233.

7. Сидоров В. А. Теория экономических систем: методология и основные концепции / В. А. Сидоров. - Краснодар: Научно-исследовательский институт экономики южного федерального округа, 2011. – 425 с.

8. Герасимова Н. О. Обзор подходов развития моделей экономических систем / Н. О. Герасимова // Современные научные исследования: теория, методология, практика. – 2014. – № 1. – С. 132-140.

9. Маркс К. Капитал. В 3 т. Т. 3 / К. Маркс. – М.: Госполитиздат, 1970. – 600 с.

10. Николаева И. П. Экономическая теория: учебник для бакалавров. / И. П. Николаева. - М.: Дашков и К, 2013. - 328 с.

11. Рыбина З. В. Особенности переходного периода в российской экономике / З. В. Рыбина // Мир экономики и права. – 2014. – № 12. – С. 38-42.

12. Слепов В. А. Инновационный вектор развития группы стран БРИКС после кризиса / В. А. Слепов, Е. М. Петрикова. // Финансы и кредит. – 2012. – № 2. – С. 2-10.

13. Леонова М. В. Диффузия инноваций: модели и технологии управления / М. В. Леонова. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. − 153 с.

14. ОЭСР. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям / ОЭСР и Евростат. – М.: Государственное учреждение «Центр исследований и статистики науки» (ЦИСН), 2006. – 192 с.

15. Рифкин Д. Третья промышленная революция. Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом / Д. Рифкин. − М.: Альпина-нон-фикшн, 2014. – 410 с.

16. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура / М. Кастельс. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 608 с.

17. Гуревич В. Основные тенденции и выводы / В. Гуревич // Мониторинг экономической ситуации в России. Тенденции и вызовы социально-экономического развития – 2017. – № 3 (41). – С. 3–7.

18. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб. − М.: Экономика, 2016. – 110 с.

19. Кузык Б. Н. Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва / Б. Н. Кузык, Ю. В. Яковец. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика»», 2005. – 624 с.

20. Российская Федерация. Распоряжение Правительства РФ (17.11.2008) N 1662-р (ред. от 10.02.2017) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» (вместе с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»): офиц. текст. - М.: СЗ РФ, 2008. – 59 с.

21. Сайбель Н. Ю. Проблемы и перспективы инновационного развития экономики России / Ф. К. Емтыль, Н. Ю. Сайбель // Актуальные проблемы экономической теории и практики. – 2013. – № 15 – С. 63-72.

22. Федеральная служба государственной статистики. Основные показатели инновационной деятельности [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики // Федеральная служба государственной статистики – 2016. – URL: http://www.gks.ru (дата обращения 06.03.2017).

23. Городникова Л. В. Индикаторы науки: 2016: статистический сборник / Л. В. Городникова, Н. В. Гохберг К. А. Дитковский и др.; под общ. ред. Л. В. Городниковой. - М.: НИУ ВШЭ, 2016. – 304 с.

24. Власова В. В. Глобальный инновационный индекс – 2016 [Электронный ресурс]/ Л.М. Гохберг, Т.Е. Кузнецова, В.А. Рудь, В. В. Власова // Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. − 2016. – № 12. − С. 1 – 3. – URL: https://issek.hse.ru/news/187991598.html(дата обращения 06.03. 2017).

25. Моисеев В. В. Актуальные проблемы инвестиций и инноваций в современной России / В. В. Моисеев, С. Н. Глаголев, Ю. А. Дорошенко и др.; под общ. ред. В. В. Моисеева. – М.: Директ-Медиа, 2014. – 426 с.

26. Круглов В. Н. Модель открытых инноваций как инструмент развития российской экономики / В. Н. Круглов // Региональная экономика: теория и практика. − 2011. − № 41. − С. 59−61.

27. Ивантер В. В. Будущее России: инерционное развитие или инновационный прорыв? / В. В. Ивантер, Б. Н. Кузык: под общ. ред В. В. Ивантера. - М.: Институт экономических стратегий, 2005. – 144 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. World economic outlook (International Monetary Fund) World economic outlook: a survey by the staff of the International Monetary Fund. — Washington, DC: International Monetary Fund, 2015 – 231 p.

2. Nuraliev S. U. Economica: uchebnik dlja bakalavrov [Economic: manual for bachelors of economic specialties] / S. U. Nuraliev, D. S. Nuralieva; edited by S. U. Nuraliev. – M.: Dashkov I K, 2015. - 432 p. [In Russian]

3. Glaz'ev S. Ju. Teoreja djlgosrochnogo techniko-economicheskogo razvitija [The theory of long-term economic development] / S. Ju. Glaz'ev. – M.: VlaDar, 1993. – 310 p. [In Russian]

4. Zholdak V. I. Menedgement [Management] / V. I. Zholdak. - M.: Fizicheskaya kultura, 2006. - 372 p. [In Russian]

5. Podderegina L. I. Suchnost e structura socialno-economicheskoi systemy obchestva [The essence and structure of socio-economic system of society] / L. I. Podderegina // Nauka i tehnika [Science and technology] – 2007. — № 4. — P. 72-79. [In Russian]

6. Lapaeva M. G. Transformacija jekonomicheskih sistem: teorija i zakonomernosti [Transformation of economic systems: theory and patterns] / M. G. Lapaeva // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of Orenburg state University]. — 2014. — № 8. — P. 228-233. [In Russian]

7. Sidorov V. A. Teoryay economecheskyh system: metodologiya I osnovnye koncepcii [The theory of economic systems: methodology and main concepts] / V. A. Sidorov. – Krasnodar: Nauchno-essledovatelskyi enstitut economiky ujnogog federalnogo okruga, 2011. – 425 p. [In Russian]

8. Gerasimova N. O. Obzor podhodov razvitija modelej jekonomicheskih sistem [The review approaches the development of models of economic systems] / N. O. Gerasimova // Sovremennye nauchnye issledovanija: teorija, metodologija, praktika [Modern scientific researches: theory, methodology, practice]. – 2014. – № 1. – P. 132-140. [In Russian]

9. Marks K. Kapital. V 3 t. T. 3 [Capital] / K. Marks. – Gospolitezdat, 1970. – 600. [In Russian]

10. Nikolaeva I. P. Economicheskaya teoryay: uchebnik dlay bakalavrov [The economic theory: manual for economic specialties of university] / I. P. Nikolaeva. - M.: Dashkov e K, 2013. – 328 p. [In Russian]

11. Rybina Z. V. Osobennosty perehodnogo perioda v rossiiskoi economike [Features of the transition period in the Russian economy] / Z. V. Rybina // Mer economiky e prava [The world of economic and law]. - 2014. - № 12. – P. 38 - 42. [In Russian]

12. Slepov V. A. Ennovacionnyi vector razvitiya uhuppy stran BREKS posle kryzysa [The innovative vector of development of the group of BRICS countries after the crisis] / V. A. Slepov // Finansy e kredit [Finance and credit]. – 2012. – № 2. – P. 2 - 10. [In Russian]

13. Leonova M. V. Diffuzija innovacii: modely e technology upravlenija [Diffusion of innovations: models and technologies of management] / M. V. Leonova. – Kazan: KNITU, 2014. – 153 p. [In Russian]

14. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition Manuel d'Oslo: Principes directeurs pour le recueiletl'interprétation des données sur l'innovation, 3e edition OECD/EC, 2005. – 192 p. [In Russian]

15. Rifkin J. Tretiay promeshlennnay revoliciay. Kak gorisontalnee vzaemodeystviya menayut energetiku, economiku e myr v celom [How lateral power transforms energy, the economy, and the World] / J. Rifkin. - M.: Alpyna-non-fikshn, 2014 – 410 p. [In Russian]

16. Castells. M. Enformacionnaja epoha: economica, obchestvo i cultura [The information age: economy, society and culture] / M. Castells. – M.: GU VSHE, 2000. – 609 p. [In Russian]

17. Gurevich V. Osnovneij tendencii i vivody [The main trends and challenges] / V. Gurevich // Monitoring economecheskoi situaccii v Rossii. Tendecii e vesovy socialno-economicheskogo razvitija [The monitoring of the economic situation in Russia. Trends and challenges for socio-economic development]. - 2017. - № 3 (41). – P. 3–7. [In Russian]

18. Shvab K. Chetvertaja promishlennaja revolucija [The fourth industrial revolution] / K. Shvab. – M.: Economica, 2016 – 110 p. [In Russian]

19. Kuzyk B. N. Rossiay – 2050: strategiay innovacionnogo proryva [Russia – 2050: strategy of innovation breakthrough] / B. N. Kuzyk, Ju. V. Jakovec – M.: 2005. – 624 p. [In Russian]

20. Rosijskaja Federacija (2008). Rasporajgenie pravetelstva RF (17.11.2008) N 1662-p (red. от 10.02.2017) "O koncepcii dolgosrochnogo socialno-economicheskogo razvitija na period do 2010 goda" (vmeste s "Koncepciej dolgosrochnogo socialno-economicheskogo razvitija Rossijskoi Federacii do 2010 goda") [Russian Federation. The decree of the RF Government (17.11.2008) N 1662-R (ed. from 10.02.2017) "On the concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period till 2020" (together with the "Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2020")]: official text. – M.: SZ RF, 2008. – 59 p. [In Russian]

21. Sajbel' N. Ju. Problemy I perspectyvy innovacionnogo razvitiay economici Rossii [Problems and prospects of innovative development of economy of Russia] / N. Ju. Sajbel', F. K. Emtyl' // Actualnee problem economicheskoi teorii i practiky [Actual problems of economic theory and practice]. – 2013. – № 15 – P. 63-72. [In Russian]

22. Federalnaya sluzba gosudarstvennoi statistiky. Osnovnile pokazately innovacionnoi dejztelnosty [The main data of innovative activity] / Federalnaya sluzba gosudarstvennoi statistiky - URL: http://www.gks.ru. [In Russian].

23. Gorodnikova L. V. Indikaory nauky 2016: stanistichesriij sbornik [Indicators of science 2016: a statistical compendium] / L. V. Gorodnikova, V. Gohberg K. A. Ditkovskij and others; edited by L. V. Gorodnikova. - M.: NEE VSHE, 2016. – 304 p. [In Russian]

24. Vlasova V. V. Globalniy innocionnyy indeks – 2016 [The global innovation index – 2016] [Electronic resource] / V. V. Vlasova, T.E. Kuznecova, V.A. Rud', // Instytut stastychesskyh essledvanyi e economice znanyi NII VSHE - 2016. – № 12. - P. 1 – 3. - URL: https://issek.hse.ru/news/187991598.html (accessed 06.03. 2017).[In Russian]

25. Moiseev V. V. Aktualnye problem investicii e ennovacii v sovremnnoi Rossii [Actual problems of investment and innovation in modern Russia] / V. V. Moiseev, S. N. Glagolev, Ju. A. Doroshenko: edited by V. V. Moiseev. – M.: Direct-Media, 2014. - 426 p. [In Russian].

26. Kruglov V. N. Model otkrytyh innovacii kak instrument razvityay rossiyskoi economyky [The open innovation model as a method for the development of the Russian economy] / V. N. Kruglov // Regionalnaja economica: teoreja I practica [Regional economy: theory and practice]. — 2011. — № 41. — P. 59-61. [In Russian]

27. Ivanter V. V. Buduchee Rossii: enercionnoe razvitie ely innovacinniy proryv? [Russia's future: inertial development or innovative breakthrough?] / V. V. Ivanter, B. N. Kuzyk; edited by V. V. Ivanter – M.: Instytut economicheskyh strategiij. 2005. – 144 p. [In Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.170**

**Стародубцева Е.Б.**
ORCID: 0000-0002-8638-0854, доктор экономических наук, профессор
Финансовый университет при Правительстве РФ в г. Москве

# ЛИБЕРАЛИЗАЦИЯ КАПИТАЛА В УСЛОВИЯХ СОЗДАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

***Аннотация***

*Рассмотрены основные направления либерализации капитала. Приведены основные примеры интеграционной либерализации финансовых рынков. Освещены проблемы либерализации капитала в ЕАЭС, Проведен анализ взаимных инвестиции, как прямых, так и портфельных, на основе чего было установлено, что первые попытки либерализации капитала в странах ЕАЭС привели к развитию инвестиционных отношений стран, расширению объема взаимных инвестиций. Результаты исследований рынка капитала ЕАЭС показали, что для полной либерализации необходима дальнейшая унификация как правовых, так и инфраструктурных основ финансового рынка.*

**Ключевые слова:** либерализация капитала. ЕАЭС, инвестиции, отток капитала.

**Starodubtseva E.B.**
ORCID: 0000-0002-8638-0854, PhD in Economics, Professor.
Financial University under the Government of the Russian Federation in Moscow

# Liberalization of Capital under the Conditions of Creating an Economic Union

***Abstract***

*The main directions of capital liberalization are considered in the article. The main examples of integration liberalization of financial markets are provided. The problems of capital liberalization in the Eurasian Economic Union are highlighted, the analysis of mutual investments, both direct and portfolio, was conducted. On its basis, we established the first attempts at capital liberalization in the Eurasian Economic Union countries which led to the development of investment relations of the countries, as well as the expansion of mutual investment. The results of the studies of the capital market of the Eurasian Economic Union show that further unification of both legal and infrastructural foundations of the financial market is necessary for complete liberalization.*

**Keywords:** capital liberalization, Eurasian Economic Union, investments, outflow of the capital.

Создание экономического союза сопровождается либерализацией четырех основных составляющих – товара, рабочей силы, капитала, услуг. Такая либерализация проявляется в свободном обращении капитала внутри интеграционной группировки и соответственно регулируемое движение за пределами такого союза. Либерализация капитала выступает одним из принципов формирования и дальнейшего развития единого финансового рынка. Свободное движение капитала в границах интеграционного объединения способствует быстрейшей адаптации национальных хозяйств к унификации, вовлечению их в общерегиональное разделение труда, интенсифицирует производственный процесс, формирует обновленную научно-техническую базу. Либерализация капитала определяется возможностью движения инвестиций, прежде всего прямых, между странами интеграционного объединения и чем выше их взаимопроникновение, тем выше степень либерализации капитала. Однако стоит отметить, что не всегда страны заинтересованы в вывозе инвестиций, а, следовательно, могут осуществлять меры, тормозящие переток капитала. Это так называемая модель либерализации с унифицированным подходом. Однако, эти меры носят экономический, косвенный характер.

Впервые либерализация капитала в рамках интеграционного объединения была осуществлена в Европейском союзе в конце 80-х гг. 20-в. [1]. С 1993 г. движение капитала в рамках Евросоюза стало свободным. Процесс либерализации финансового рынка в ЕС осуществлялся параллельно с либерализацией сферы услуг и гармонизацией и унификацией налоговой системы, без чего полная либерализация капитала невозможна. На сегодняшний день можно констатировать, что благодаря данному процессу основная масса инвестиций в рамках ЕС оказывается внутренними.

Вторым примером свободы перемещения капитала выступает Азиатско-тихоокеанское сотрудничество (АТЭС). Основа этого была заложена в 1994 г. в, так называемом, «Добровольном кодексе». В соответствии с теорией «мягкого регионализма» были сформулированы принципы. минимизирующие инвестиционные ограничения и направленные на устранение барьеров движения капитала [1, С. 233].

В последующем либерализация капитала коснулась зоны свободной торговли НАФТА, и в настоящее время формируется в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС). Договором о ЕАЭС предусмотрено, что каждое государство – член ЕАЭС обеспечивает на своей территории справедливый и равноправный режим в отношении всех инвестиций и деятельности в связи с инвестициями, осуществляемых инвесторами других государств – членов, в том числе национальный режим, а также режим наибольшего благоприятствования в отношении инвестиций, не охватываемых прямыми инвестициями, вкладываемыми при учреждении предприятий [3]. Исходя из мировой практики, свобода движения капитала, прежде всего предполагает снижение барьеров для притока инвестиций в страну. В ЕАЭС, то есть в странах с развивающимися рынками, невысоким ВВП, а также достаточно низкими темпами роста ВВП, это особенно касается производственных и технологических отраслей. Учитывая необходимость в инвестициях и ограниченном потенциале внутренних инвестиций, страны стараются привлечь прямые иностранные инвестиции (ПИИ), однако привлекаемые инвестиции из соседних стран не столь высоки. Несмотря на их рост, в 2015 г. они составляют 13% общего объёма привлеченных ПИИ [4].

Основными «владельцами» капитала в ЕАЭС выступают Россия и Казахстан. В конце 2015 г. на Россию пришлось 81,5% объема накопленных зарубежных ПИИ (сказывается более ранняя зарубежная экспансия российских ТНК, в первую очередь ТЭК), на Казахстан соответственно 17.4%. Что касается импорта инвестиций, то в России они составили 15.1%, а в Казахстане 30,2%. Достаточно значимые показатели по объему взаимных инвестиций у России с Республикой Беларусь. [4] (таблица1).

Таблица 1 – Объем накопленных взаимных ПИИ стран ЕАЭС в конце 2015 года (данные МВИ СНГ)

| Страна реципиент | Накопленные ПИИ стран-инвесторов, млн. долл. США | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Россия | Казахстан | Беларусь | Армения | Кыргызстан | Всего |
| Россия | X | 3367 | 204 | 3 | 0 | 3574 |
| Казахстан | 7095 | X | 34 | 0 | 0 | 7129 |
| Беларусь | 8297 | 53 | X | 10 | 4 | 8364 |
| Армения | 3056 | 8 | 0 | X | 0 | 3064 |
| Кыргызстан | 811 | 695 | 0 | 0 | X | 1506 |
| Всего | 19259 | 4123 | 238 | 13 | 4 | 23637 |

В целом же накопленные в России ПИИ из стран ЕАЭС за этот же период составили 3600 млн. долл. США, что в большей степени объяснимо отсутствием предложения капитала в этих странах. В 2015 г. в России существовало 3300 дочерних фирм из Республики Беларусь, что в 1,2 раза превосходит количество фирм с российским капиталом в Беларуси, более 500 из Казахстана, свыше 200 из Армении и приблизительно 60 из Кыргызстана. В то же время число казахстанских предприятий в России больше, чем в Беларуси, в 15 раз, армянских — в 3 раза [5, С. 50].

Однако все, о чем говорилось выше, в большей степени касалось возможности притока инвестиций, как основополагающей для развития экономики. Но если брать замкнутое объединение, то приток в одной стране, означает отток из другой - своеобразный перелив капитала. Ведь даже отток капитала имеет положительные и отрицательные стороны. Поэтому для более корректной оценки перелива капитала необходимо не только учитывать отток капитала, как таковой, но и его направленность. В последние годы наблюдался рост чистого оттока капитала из государств-членов ЕАЭС, в РФ, например, в 2016 г. он достиг 15 млрд. долл. США, что в 10 раз меньше его максимума 2014 г. и в 3 раза меньше 2015 г. (45 млрд. долл. США). Однако, большая часть данного оттока была связана с уходом из ЕАЭС, что привело к отрицательному совокупному сальдо инвестиций. Причинами этого стали, прежде всего, макроэкономические показатели: снижение ВВП, уменьшение темпов роста ВВП, высокие риски, нехватка внутренних ресурсов у банков, как следствие узость рынка, ухудшающийся инвестиционный климат. Несмотря на проведенную девальвацию, которая наряду с отрицательным эффектом влияния на макроэкономическое положение в целом, для иностранного инвестирования имеет положительный эффект - активы страны становятся дешевле и доступнее для инвесторов, однако, увеличения капитала не произошло. На ведущей стране объединения, России, сказались и введенные санкции, что осложнило приток иностранных инвестиций, и они сократились на 70% в 2014 г. по сравнению с 2013г., когда наблюдался рекорд за последние годы [6, С. 17].

Помимо прямых иностранных инвестиций большую значимость имеют и портфельные инвестиции, которые во многом носят не только спекулятивный характер, но и производительный. Однако, емкость финансовых рынков стран ЕАЭС невелика, что существенно замедляет и ослабляет процессы инвестиционного сотрудничества. Совокупный объем взаимных портфельных инвестиций стран ЕАЭС составляет 0,5 млрд. долл. США. По их абсолютным объемам лидируют российские инвесторы. В то же время другие страны предпочитают финансовые рынки стран дальнего зарубежья. Так, по данным Международного валютного фонда (МВФ), из почти 72 млрд. долл. США накопленных казахстанских портфельных инвестиций за рубежом на Россию пришлось лишь 186 млн. долл. США. В то же время Казахстан вложил в США 40,9 млрд. долл. США, в Великобританию 4,6 млрд. долл. США, в Германию 3,3 млрд. долл. США. [7] Белорусские инвесторы в Россию вложили 66 млн. долл. США из 155 млн. долл. США всех накопленных за рубежом портфельных инвестиций. Говоря о доле портфельных инвестиций каждой страны в совокупных взаимных инвестициях, то на Россию приходится 25%, на Казахстан – 74%.

Для портфельных инвесторов особое значение имеет ликвидность рынков ценных бумаг, что позволяет портфельному инвестору своевременно вывести свой капитал. Анализируя фондовые рынки стран ЕАЭС, стоит отметить, что в большинстве стран они низколиквидны, существует ряд значимых ограничений для портфельного инвестирования. Наиболее ярко представлены такие ограничения как наличие самих портфельных инвесторов. Как правило, основными институциональными инвесторами выступают банки, страховые компании, пенсионные и инвестиционные фонды[8, с. 135]. Однако, их развитие (за исключением банков) не столь высоко. Небольшие активы этих институтов, имеющиеся ограничения на направленность вложения средств не позволяют им выходить на зарубежные рынки, даже на территорию ЕАЭС. Как уже упомянуто, во многих странах банкам и пенсионным фондам предписываются нормы и отраслевая направленность вложений, что тоже выступает преградой для развития. При этом нельзя забывать и об имеющихся высоких рисках инвестирования, связанных как с развитием самого фондового рынка, так и экономическим развитием стран.

Таким образом, в результате либерализации капитала сформировались следующие тенденции – в совокупных взаимных инвестиционных потоках преобладают инвестиции России в Беларусь и в Казахстан, при этом доминируют крупные сделки. Основными направлениями инвестиций выступают добывающая промышленность и финансовый сектор. Возможности перелива капитала обеспечиваются рядом необходимых условий. Среди которых, во-первых, наличие самих инвестиций и потребности в них, во-вторых, развитый рынок финансовых услуг, посредством которого будет осуществляться данный переток капитала, в-третьих определенная правовая база, регламентирующая и обеспечивающая защиту инвесторов и инвестиций. Основным направлением такой либерализации должна стать, как уже говорилось, унификация законодательных основ деятельности финансового сектора, и прежде всего, банковского и фондового, предполагающего единство понятий, подходов к осуществлению деятельности данных институтов на территории государств-членов ЕЭАС. Несмотря на принятие ряда соглашений, например, Соглашение о поощрении и взаимной защите инвестиций, о торговле услугами и инвестициях, договор о Евразийском экономическом союзе, в каждой стране существуют особенности регулирования трансграничного движения капитала. (таблица 2.) Кроме этого можно назвать и наличие неформальных барьеров на пути движения капитала – геоэкономическая и геополитическая

нестабильность, бюрократизация экономических процессов, проблемы при оценке активов, правовая незащищенность, ограничения при участии в приватизации и ряд других.

Таблица 2 – Особенности регулирования трансграничного движения капитала в странах ЕАЭС [4]

| страна | Вид ограничений |
|---|---|
| Россия | 1. Формальная либерализация трансграничных операций с капиталом<br>2. Ограничения на иностранные инвестиции в стратегические сектора экономики<br>3. Квота на участие иностранного капитала в банковской системе |
| Казахстан | 1.Преференции для иностранных инвесторов<br>2. Ограничения на выпуск ценных бумаг за рубежом |
| Беларусь | 1. Разрешительный характер операций с капиталом для резидентов<br>2. Льготы и преференции для иностранных инвесторов<br>3. Устойчивое превышение нормы обязательных резервов по привлеченным средствам в иностранной валюте<br>4. Квота на участие иностранного капитала в банковской системе |

В этих условиях возникает необходимость либерализации условий для привлечения капитала, чему может послужить расширение совместных проектов, особенно в области инфраструктуры – строительство автомобильных дорог, улучшение инфраструктуры аэропортов, железных дорог и т.д. При этом это должно осуществляться не только и не столько в рамках государственного участия, а на условиях государственно-частного партнерства, с привлечением в большей степени частного капитала. Для этого государство должно привлечь страховой сектор, который также нуждается в либерализации, для гарантирования частных инвестиций, может быть в наиболее значимых проектах и самому выступать в качестве гаранта.

Необходимо создать инфраструктуру фондового рынка. Конечно, единая биржа вряд ли будет создана в ближайшее время, однако более льготный режим допуска на биржу вполне реален, особенно если учесть небольшой объем выпуска и обращения ценных бумаг стран-членов ЕАЭС. Нельзя обойти вниманием и страховые услуги. Только при нормальном страховании иностранные инвестиции придут в страну, для этого должны быть соответствующие гарантии. Поэтому развитие такой услуги в рамках ЕАЭС поможет не только привлечению банковского кредита, но и гарантировать и страховать инвестиции. С этой целью необходимо развивать количество и активы страхового сектора в плане создания единого рынка страховых компаний. На данный момент в страховой сфере также, как и в банковской наблюдается российское доминирование: 88% страховых организаций приходятся на РФ, 7% — на Казахстан, 5% — на Беларусь.

Особое внимание должно уделяться развитию банковского сектора, через который осуществляется в настоящее время большая часть портфельных и иных инвестиций. До сих пор нерешенные проблемы с унификацией банковского законодательства приводят к сложностям открытия банков и их представительств в странах ЕАЭС, что приводит наряду с проблемами национальной банковской системы к ограничению вывоза капитала.

**Список литературы / References**

1. Директива Совета ЕЭС № 88/361/сее от 24 июня 1988 года о применении ст. 67 Договора [Электронный ресурс] – URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content (дата обращения: 15.10.2017).

2. Шумилов В.М. Международное публичное экономическое право. / В.М. Шумилов. - М: НИМП, 2001. - 288 с.

3. Договор о Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс] // Астана. - 2014. – URL: http://base.garant.ru/70670880/#friends#ixzz4fYZSzTnb (дата обращения: 15.10.2017).

4. Чалая Ю. Взаимные инвестиции в Евразийском экономическом союзе растут [Электронный ресурс] / Ю. Чалая // REGNUM – 2017. - URL: https://regnum.ru/news/polit/2240209.html (дата обращения: 20. 10. 2017).

5. Мониторинг взаимных инвестиций в странах СНГ – 2016. // СПб: ЦИИ ЕАБР - 2016.

6. Стародубцева Е.Б. Иностранные инвестиции в РФ в современных условиях/ Е.Б. Стародубцева // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. - № 47 (233). - С. 15-23.

7. Международный валютный фонд [Электронный ресурс] - URL: https://www.imf.org/ (дата обращения: 20.10.2017).

8. Печникова А.В., Маркова О.М., Стародубцева Е.Б. Банковские операции/ А. В. Печникова, О. М. Маркова, Е. Б. Стародубцева. - М.: Форум , 2007. С – 365.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Direktiva Soveta EJeS № 88/361/see ot 24 ijunja 1988 goda o primenenii st. 67 Dogovora [Directive of the Council of EEC No. 88/361 / of 24 June 1988 on the application of Art. 67 of the Treaty] [Electronic resource]– URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content (accessed: 15.10.2017).

2. Shumilov V.M. Mezhdunarodnoe publichnoe jekonomicheskoe pravo [International Public Economic Law]. / Shumilov V.M. // M.: NIMP, 2001. - P.288. [in Russian]

3. Dogovor o Evrazijskom jekonomicheskom sojuze [ Treaty on the Eurasian Economic Union] [Electronic resource] // Astana, - 2014. - URL: http://base.garant.ru/70670880/#friends#ixzz4fYZSzTnb (accessed: 15.10.2017). [in Russian].

4. Chalaja Ju. Vzaimnye investicii v Evrazijskom jekonomicheskom sojuze rastut [Mutual investments in the Eurasian Economic Union grow] [Electronic resource]/ Ju. Chalaja // https://regnum.ru/news/polit/2240209.html (accessed: 20, 10.2017). [in Russian]

5. Monitoring vzaimnyh investicij v stranah SNG [Monitoring of mutual investments in the CIS countries] - 2016. // SPb.- CII EABR- 2016. [in Russian]

6. Starodubtseva E.B. Inostrannye investicii v RF v sovremennyh uslovijah [Foreign investment in Russia in modern conditions]/ Starodubtseva E.B. // Finansovaja analitika: problemy i reshenija [Financial analytics: problems and solutions ]. - 2014. - № 47 (233). [in Russian]
7. Mezhdunarodnyiy valyutnyiy fond [International Monetary Fund] [Electronic resource]- URL: https://www.imf.org. ( accessed: 20.10.2017 ).
8. Pechnikova A.V., Markova O.M., Starodubtseva E.B. Bankovskie operazii [Bank operations] // M:,Forum/ - 2007/ P. 365[in Russian]

**DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.65.034**

**Тюрина К.А.**
ORCID: 0000-0003-3626-7172, аспирант,
Санкт-Петербургский государственный экономический университет в г. Санкт-Петербурге

## УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОШКОЛЬНЫХ И ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

***Аннотация***

*Система обеспечения дошкольных и общеобразовательных организаций может эффективно функционировать только при надлежащем уровне информационного обеспечения, так как от достаточности и своевременности информации зависит уровень информационной энтропии. Приведенные в данной статье рекомендации в области автоматизации, связанные с модернизацией информационного обеспечения логистического контура управления, направлены на сокращение неэффективных транзакций, что положительно скажется на динамике закупок, уровне логистических издержек.*

**Ключевые слова:** автоматизация, информационные потоки, контрактная система, логистика государственных закупок, региональные (муниципальные) информационные системы, электронный документооборот.

**Tyurina K.A.[1]**
[1]ORCID: 0000-0003-3626-7172, Postgraduate student,
St. Petersburg State University of Economics in St. Petersburg

## MANAGEMENT OF INFORMATIONAL FLOWS IN LOGISTIC PROVIDING SYSTEM OF PRESCHOOL AND COMPREHENSIVE ORGANIZATIONS

***Abstract***

*The providing system of preschool and comprehensive education organizations can function effectively only at an appropriate level of information support, since the level of information entropy depends on the adequacy and timeliness of information. In this paper the recommendations in the field of automation related to the modernization of information support for the logistics control loop are aimed at reducing inefficient transactions, having positive effect on the dynamics of purchases, and the level of logistics expences.*

**Keywords:** automation, informational flows, contract system, logistics of public procurement, regional (municipal) information systems, electronic document management.

В современных условиях организации государственных закупок представители заказчика должны обладать сетевой компетенцией, поскольку эффективное управление хозяйственными связями, объектом взаимодействия которых является широкий спектр товаров, работ, услуг, создает необходимые предпосылки для преодоления основных бюджетных ограничений [2, С. 29]. В последние годы вопросам информатизации деятельности образовательных учреждений уделяется особое внимание, в частности, в рамках автоматизации управленческих функций, на основе параметрического моделирования внутрисистемных процессов. Построение моделей является квинтэссенцией операционного подхода к решению организационных задач и помогает привести сложные и неопределенные факторы, связанные с проблемой принятия решения, в логически стройную схему, доступную для детального анализа [9, С. 13].

Система обеспечения дошкольных и общеобразовательных организаций представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов заказчиков, органов координации и контроля, а также органов, осуществляющих организационно-техническое обеспечение, с позиций логистического менеджмента представляющих собой ряд управляемых операций по планированию, размещению закупок, заключению контрактов, их исполнению и контролю [8], регулируемых контрактным законодательством. Организационное взаимодействие, основанное на сложной системе прямых и обратных информационных потоков, сопряжено со значительными трансакционными издержками. Возможности их снижения ограничены длительностью логистического цикла обеспечения, низкой скоростью реакции на внешние воздействия, несогласованностью действий.

Рисунок 1 представляет длительность логистического цикла системы обеспечения рассматриваемых организаций в соответствии с положениями Федерального закона от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», регулирующими сроки закупочных процедур.

Логистический цикл представляет собой возобновляемую по времени последовательность операций [4]. Параметрирование операций по времени позволяет выделить «узкое» место, связанное с неоправданным затягиванием закупочного процесса на стадии согласования процедуры, ввиду излишней бюрократизации, отсутствия информационной поддержки в логистическом контуре управления, что удлиняет срок согласования до 14 дней.

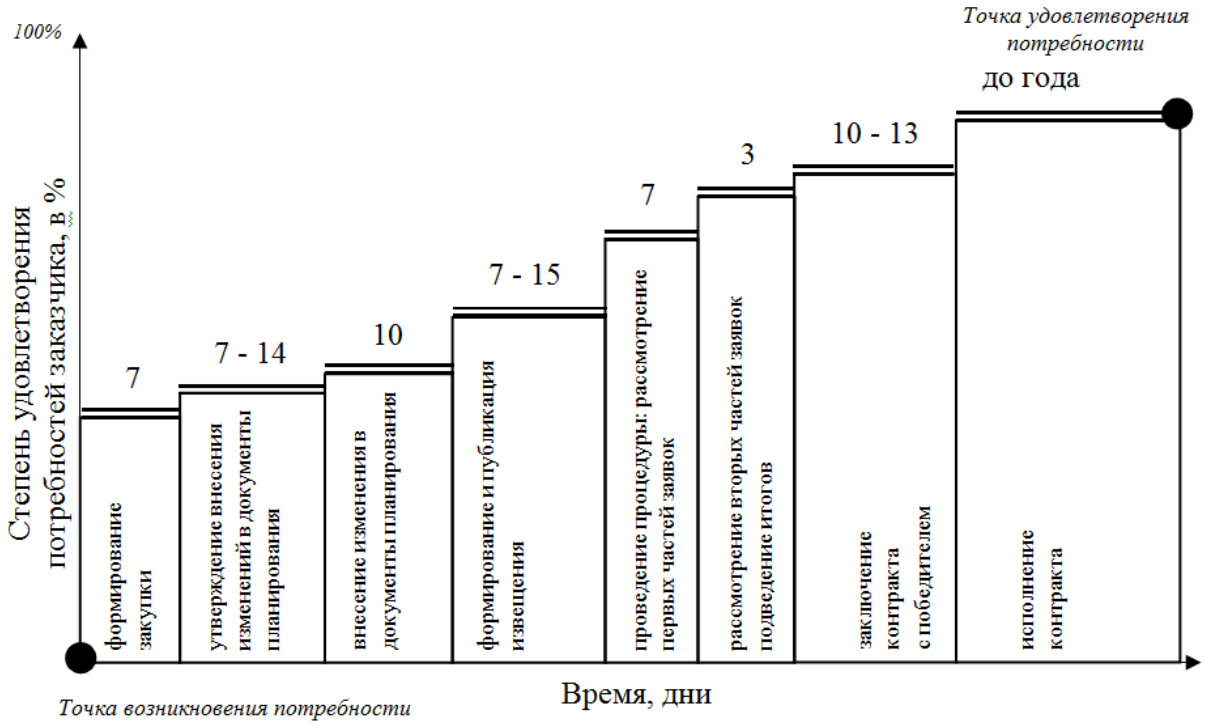



Рис. 1 – Логистический цикл

Представленная автором на рисунке 2 типовая процедура согласования закупки демонстрирует достаточную обособленность субъектов системы, отсутствие общей целевой направленности.

Согласно части 7 статьи 4 Федерального закона № 44-ФЗ, субъекты РФ и муниципальные образования вправе создавать региональные и муниципальные информационные системы в сфере закупок, для автоматизации процесса обеспечения подведомственных заказчиков [6].

Основные требования к информационным системам состоят в:

- обеспечении возможности интеграции с другими внешними системами;
- адаптации к использованию в образовательных учреждениях различных типов и видов;
- возможности масштабирования;
- достижении корректного обмена данными между различными уровнями системы [5].

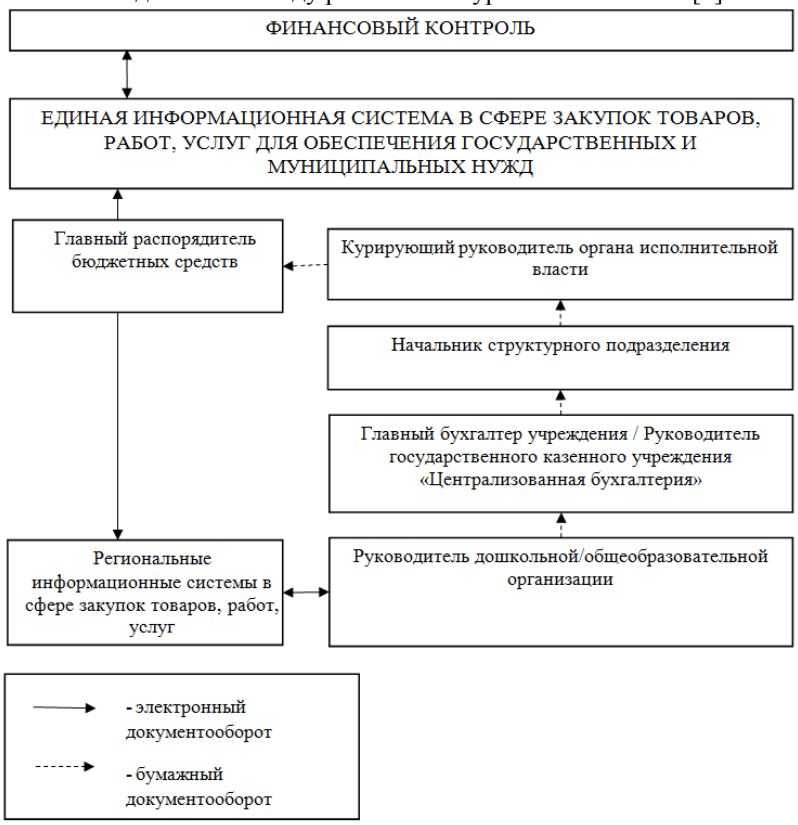



Рис. 2 – Типовая процедура согласования закупки

Однако политика региональных органов власти, связанная с усилением методов контроля деятельности заказчиков посредством систем информационного обеспечения, создает тенденцию, обратную повышению эффективности размещения закупок [3]. К тому же, проблемой признается отсутствие корректной интеграции региональных (муниципальных) информационных систем с единой информационной системой (ЕИС), ведущее к дублированию информации. По данным опроса, организованного Национальной ассоциацией институтов закупок, большинство заказчиков используют региональные (муниципальные) информационные системы, но 52% в той или иной мере повторяют информацию, вводимую в ЕИС, 19% дублируют информацию почти полностью [7]. При этом, достаточно обширный круг процедур в закупочном процессе не автоматизирован. Поэтому, как минимум 3 000 государственных организаций (и их количество продолжает расти) в 83 регионах РФ пользуются и региональными (муниципальными) информационными системами, и утилитарными продуктами [1], решающими незакрытые задачи в области автоматизации. На муниципальном уровне развитие информационного пространства становится особенно актуальным, в связи с ослаблением позиций районных органов управления образованием и возросшей самостоятельностью образовательных учреждений. Поэтому, в системе обеспечения дошкольных и общеобразовательных организаций, необходимо внедрение информационно-аналитической поддержки процессов взаимодействия заказчика и районных органов управления. Практическая реализация может быть осуществлена двумя способами: расширением функционала региональных (муниципальных) информационных систем за счет внедрения модуля электронного документооборота в части внутреннего контура управления, или реализацией отдельной IT-платформы.

Данное решение сократит человеческие и временные издержки, уменьшит среднюю продолжительность закупочной процедуры от этапа планирования до этапа исполнения контракта на 7-10 дней, элиминирует проблему низкого качества планирования, превалирующего на местах. Планирование является отправной точкой в обеспечении потребности, однако присутствует формальный подход при составлении планов закупок, планов-графиков с включением «срочных» закупок [10], что усложняет координацию потребностей заказчиков по срокам при реализации совместных закупок.

Объединение потребностей ряда организаций в рамках муниципального образования или субъекта Федерации по типовым товарам, работам, услугам в один лот, выбор единого поставщика и передача полномочий на реализацию закупочной процедуры стороннему субъекту контрактных отношений могут быть осуществлены следующими способами:

1) на принципах совместных закупок - несколько организаций объединяются, одна из них на основе достигнутых соглашений проводит тендер за всех;

2) на принципах централизованных закупок - вышестоящий орган исполнительной власти назначает организатора торгов (уполномоченный орган, уполномоченное учреждение) для нескольких подведомственных ему заказчиков.

Предложенный элемент программного обеспечения обеспечит автоматизированную консолидацию данных из подведомственных образовательных учреждений с широкими возможностями анализа информации для принятия управленческих решений [5], в то время как функционирующие региональные (муниципальные) информационные системы в сфере закупок товаров, работ, услуг дают возможность только формировать, вести, архивировать информацию о закупках по конкретному учреждению и взаимодействовать с уполномоченным органом на осуществление определения поставщика (ГБРС - Главный распорядитель бюджетных средств). Между тем, для выработки корректных управленческих решений необходима автоматизация информационных потоков с уровня заказчика на уровень органов, осуществляющих организационно-техническое обеспечение процедур размещения государственных (муниципальных) закупок, планирование и исполнение бюджета, что даст возможность последним взаимодействовать с подведомственными организациями в режиме реального времени, оперативно согласовывать новые закупки, координировать сроки размещения закупочных процедур при реализации совместных закупок.

**Список литературы / References**

1. Автоматизация государственных закупок: проблемы и пути их решения // Аукционный вестник. – 2014. – № 187 (04.137). – С.1–3.

2. Афанасьева Н.В. Государственный заказ как инструмент макроэкономического регулирования экономики: Монография / Н.В. Афанасьева. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009. – 160 с.

3. Бурлаков Н.А. Совершенствование регионального механизма информационного обеспечения процесса управления государственными закупками / Н.А. Бурлаков // Креативная экономика. – 2014. – № 8. – С. 72–79.

4. Мясникова Л.А. Логистика нового времени // Л.А. Мясникова. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 138 с.

5. Невзорова И.П. Краткий анализ внедрения АИСУ в образовательных учреждениях Санкт-Петербурга / И.П. Невзорова, М.И. Скалецкая // Единое информационное пространство: школа - район - город: Методическое пособие / Сост. Н.В. Бусыгина. - СПб.: ГОУ ДПО ЦПКС СПб “Региональный центр оценки качества образования и информационных технологий”, 2008. – С. 16–25.

6. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 14.

7. Проблемы и перспективы автоматизации госзакупок [Электронный ресурс]. - URL: http://naiz.org/news/10/1477/ (дата обращения: 28.08.2017).

8. Тюрина К.А. Логистические бизнес-процессы в системе государственных закупок / К.А. Тюрина // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2017. – №1 (103) часть 2. – С. 164–167.

9. Цевелев А. Логистическое моделирование бизнес-процессов МТО / А. Цевелев // РИСК – 2013. – №4. – С. 13-19.

10. Щербакова К. С. Особенности планирования государственных закупок / К.С. Щербакова // Молодой ученый. – 2014. – №16. – С. 294-296.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Avtomatizatsiya gosudarstvennyih zakupok: problemyi i puti ih resheniya [Automation of public procurement: problems and solutions] // Auktsionnyiy vestnik [Auction herald]. – 2014. – № 187 (04.137). – P. 1–3. [in Russian]

2. Afanaseva N.V. Gosudarstvennyiy zakaz kak instrument makroekonomicheskogo regulirovaniya ekonomiki: Monografiya [State order as an instrument of macroeconomic regulation of the economy: Monograph] / N.V. Afanaseva. – SPb.: Izd-vo SZTU, 2009. – 160 P. [in Russian]

3. Burlakov N.A. Sovershenstvovanie regionalnogo mehanizma informatsionnogo obespecheniya protsessa upravleniya gosudarstvennyimi zakupkami goszakupok [Perfection of the regional mechanism of information support of the process of public procurement management] / N.A. Burlakov // Kreativnaya ekonomika [Creative economics]. – 2014. – № 8. – P. 72–79. [in Russian]

4. Mjasnikova L.A. Logistika novogo vremeni [Logistics of modern times] / L.A. Mjasnikova. – SPb.: Izd-vo SPbGU`EF, 2010. – 138 P. [in Russian]

5. Nevzorova I.P. Kratkij analiz vnedreniya AISU v obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah Sankt-Peterburga [Brief analysis of the introduction of AISU in the educational institutions of St. Petersburg] / I.P. Nevzorova, M.I. Skaleckaya // Edinoe informacionnoe prostranstvo: shkola - rajon - gorod: Metodicheskoe posobie / Sost. N.V.Busygina [Single information space: school - district - city: Methodical manual / comp. N.V. Bousigina]. - SPb.: GOU DPO CPKS SPb “Regional'nyj centr ocenki kachestva obrazovaniya i informacionnyh tekhnologij”, 2008. – P. 16–25. [in Russian]

6. kontraktnoy sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennyih i munitsipalnyih nuzhd: Federalnyiy zakon ot 05.04.2013 № 44-FZ (red. ot 28.12.2013) [About the contract system in the sphere of procurement of goods, works, services for provision of state and municipal needs: Federal Law No. 44-FZ of 05.04.2013 (as amended on December 28, 2013)] // Sobranie zakonodatelstva RF [Collection of legislation of the Russian Federation]. – 2013. – №14. [in Russian]

7. Problemyi i perspektivyi avtomatizatsii goszakupok [Problems and prospects of public procurement automation] - URL: http://naiz.org/news/10/1477/ (reference date: 28.08.2017). [in Russian]

8. Tyurina K.A. Logisticheskie biznes-protsessyi v sisteme gosudarstvennyih zakupok [Logistic business processes in the system of state purchases] / K. A. Tyurina // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [News of the St. Petersburg State Economic University]. – 2017. – V. 2. – №1 (103). – P. 164–167. [in Russian]

9. Cevelev A. Logisticheskoe modelirovanie biznes-processov MTO [Logistic modeling of business processes] / A. Cevelev // RISK [RISK]– 2013. – №4. – P. 13-19. [in Russian]

10. Sherbakova K. S. Osobennosti planirovaniya gosudarstvennyh zakupok [Features of public procurement planning] / K. S. Sherbakova // Molodoj uchenyj [Young scientist]. – 2014. – №16. – P. 294-296. [in Russian]