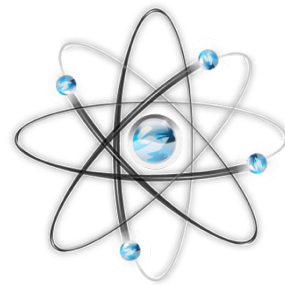


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ  
ISSN 2303-9868**



**Meždunarodnyj  
naučno-issledovatel'skij  
žurnal**

**№3 (34) 2015  
Часть 1**

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

Подписано в печать 13.04.2015.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 25009  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ"  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам XXXVII заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения авторов.

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:** Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

**Психологические науки:** Мазиллов В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистанов 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:** Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., 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.иси.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:** Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., 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.

**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 - 2015**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS</b>	<b>4</b>
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ РЕШЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМ СЛУЧАЙНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ	4
СПИНОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ СОСТОЯНИЙ	6
РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА УСТРАНЕНИЯ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ФАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	11
О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ	13
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ	14
О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ. ТРАНСПОРТНЫЕ ЗАДАЧИ С «ДИАГОНАЛЬНЫМИ» УСЛОВИЯМИ	16
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY</b>	<b>18</b>
ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ОБЕССЕРОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПЕРОКСОСИЛИКАТОМ НАТРИЯ	18
ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ ИЗ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕВЕРНЫЕ БУЗАЧИ	20
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING</b>	<b>23</b>
СРАВНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ПО КОЛИЧЕСТВУ ОШИБОК	23
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ, НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	26
К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ БРОНЕЗАЩЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО	27
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА	30
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ В ЧАСТОТУ	32
ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА СИЛЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	35
ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКОВОГО ПРОДВИЖЕНИЯ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ	37
ВЛИЯНИЕ ПРЕДЫСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ НА ВЫХОДНОЙ ОПТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРНОГО ЭЛЕМЕНТА	38
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕТЧАТКИ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ	40
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОГО АЛЬБУМИНА КРОВИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ	42
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ТЕНТОРИУМ ПЛЮС» НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА ПТИЦЫ.	43
ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ГИДРОЛАКТИВ» НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА КРОЛИКОВ	44
ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСА	45
ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ИМПЛАНТАЦИИ ДОНОРОВ НА СПЕКТРАЛЬНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОДИОДОВ	47
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЛОДА С АДАПТИВНЫМ БЛОКОМ ФИЛЬТРАЦИИ ШУМОВ	48
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ШТАБЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ХОЛОДНОМ СКЛАДЕ	50
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА ПРИПОРТОВОЙ СТАНЦИИ	55
ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОНА И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	59
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ВЕРТОЛЕТА	60

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ	64
РАЗБИЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА НА КЛАССЫ	64
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	65
УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА ГЛИКЕМИИ	66
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ	68
ФИБРОБЕТОН И ИЗДЕЛИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ	70
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТВОРОЖНЫЙ ПРОДУКТ	73
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА	74
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА В СИЛОВОЙ УСТАНОВКЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ГАЗ-5903	75
ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОСТРУЖЕЧНЫХ КОМПОЗИТОВ	76
КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ	78
РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ВОДЫ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ	80
РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ВОДОБОРОТНОГО ЦИКЛА НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ	83
О ПРИМЕНЕНИИ ТРЕХЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ С КОМПЛАНАРНЫМИ НОРМАЛЯМИ В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ	85
ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОЛИЦЕЙСКОЙ МАШИНЫ СПМ-3	89
ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ГИДРОЛАКТИВ» НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСНЫХ ДЕЛИКАТЕСОВ	91
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ	92
К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ПОСЛЕВОЕННОГО РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ШИН	94
МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	97
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ	99
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПОРА В СИСТЕМЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОЛЬГАНГА	102
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ	104
СТАТЬЯ ИЗЪЯТА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ	106
ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СВЕРТКИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ	108
НАПРЯЖЕНИЯ В ТРУБОФИБРОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	110
АНАЛИЗ ЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ТРИГГЕРА	112
ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УКЛОНА ДОРОГИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ	116
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СЕРВЕРА ВИРТУАЛИЗАЦИИ	120
МЕТОДИКА РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ КАТЕГОРИИ ОЗ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	121
ТРЕХСТУПЕНЧАТОЕ УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА	126
ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	128

**Боровикова М.М.**

Кандидат физико-математических наук, Военный Учебно-Научный Центр Военно-Воздушных Сил “Военно-Воздушная Академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина” (Воронеж)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОЖИДАНИЕ РЕШЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМ СЛУЧАЙНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ**

*Аннотация*

*В статье рассматривается начальная задача для дифференциального уравнения второго порядка со случайными коэффициентами. Решение этой задачи является случайным процессом. Получена формула для нахождения его математического ожидания в случае равномерного закона распределения случайного коэффициента.*

**Ключевые слова:** математическое ожидание, уравнение со случайными коэффициентами, равномерное распределение.

**Borovikova M.M.**

PhD degree in Physics and Mathematics, Air Force Military Training and Research Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin” (Voronezh)

**THE MATHEMATICAL EXPECTATION OF A SOLUTION OF THE STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATION WITH UNIFORMLY DISTRIBUTED RANDOM COEFFICIENT**

*Abstract*

*The article considers an initial-value problem for the second-order differential equation with random coefficients. The solution of this problem is a stochastic process. Formula for the mathematical expectation of a solution is obtained for uniformly distributed random coefficient.*

**Keywords:** mathematical expectation, equation with random coefficients, uniform distribution.

**Постановка задачи**

Рассмотрим начальную задачу для стохастического дифференциального уравнения второго порядка

$$\ddot{x}(t) + \varepsilon^2 x(t) = f(t), \quad (1)$$

$$x(0) = x_0, \quad (2)$$

$$\dot{x}(0) = x_1, \quad (3)$$

где  $R$  – вещественная ось,  $T \in R$ ,  $t \in [0, T]$ ,  $\varepsilon, x_0, x_1 \in R$  – случайные величины,  $f: [0, T] \rightarrow R$  – случайный процесс. Тогда искомая функция  $x: [0, T] \rightarrow R$  также будет являться случайным процессом. Интерес представляет нахождение его статистических характеристик, в частности, математического ожидания.

Математическое ожидание решения будем искать в предположении, что  $x_0, x_1$  независимы с  $\varepsilon$  и  $f(t)$  в том смысле, что  $M[x_i \varepsilon] = M[x_i]M[\varepsilon]$  и  $M[x_i f(t)] = M[x_i]M[f(t)]$  ( $i = 0, 1$ ), где  $M[z(t)]$  – математическое ожидание, вычисленное по функции распределения случайного процесса  $z(t)$ . Причём возможна зависимость  $x_0$  и  $x_1$ , а также  $\varepsilon$  и  $f(t)$ .

Пусть  $\varepsilon$  и  $f(t)$  заданы характеристическим функционалом [1]

$$\phi(v, u(\cdot)) = M \left[ \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right].$$

Здесь  $v \in R$ ,  $u(\cdot)$  принадлежит пространству, сопряжённому к пространству реализаций процесса  $f(t)$ .

**Сведение стохастической задачи к детерминированной**

Введём вспомогательный функционал

$$y(t, v, u(\cdot)) = M \left[ x(t) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right].$$

Заметим, что  $y(t, 0, 0) = M[x(t)]$ . Построим детерминированную задачу для нахождения  $y$ . Для этого умножим обе части равенств (1)-(3) на  $\exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right)$  и вычислим среднее значение обеих частей

$$\begin{aligned} M \left[ \ddot{x}(t) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right] + M \left[ \varepsilon^2 x(t) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right] = \\ = M \left[ f(t) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right], \end{aligned} \quad (4)$$

$$M \left[ x(0) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right] = M \left[ x_0 \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right], \quad (5)$$

$$M \left[ \dot{x}(0) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right] = M \left[ x_1 \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^T f(s) u(s) ds \right) \right]. \quad (6)$$

В терминах функционала  $y$ , с учетом независимости  $x_0, x_1$  от  $\varepsilon$  и  $f(t)$ , соотношения (4), (5), (6) переписуются в виде

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 y(t, v, u(\cdot))}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y(t, v, u(\cdot))}{\partial v^2} = M \left[ f(t) \exp \left( i\varepsilon v + i \int_0^t f(s) u(s) ds \right) \right], \\ y(0, v, u(\cdot)) = M[x_0] \phi(v, u(\cdot)), \\ \frac{\partial y(0, v, u(\cdot))}{\partial t} = M[x_1] \phi(v, u(\cdot)). \end{cases}$$

Так как нас интересует значение  $y(t, 0, 0) = M[x(t)]$ , то, положив  $u(\cdot) = 0$  и для простоты записи обозначив  $y(t, v, 0) = y(t, v)$ , приходим к системе

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 y(t, v)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y(t, v)}{\partial v^2} = M[f(t) \exp(i\varepsilon v)], \\ y(0, v) = M[x_0] \phi_\varepsilon(v), \\ \frac{\partial y(0, v)}{\partial t} = M[x_1] \phi_\varepsilon(v), \end{cases} \quad (7)$$

где  $\phi_\varepsilon(v) = M[\exp(i\varepsilon v)]$  – характеристическая функция случайной величины  $\varepsilon$ .

Таким образом, задача нахождения математического ожидания решения исходного дифференциального уравнения со случайными коэффициентами была сведена к задаче с детерминированными коэффициентами, правда, вместо обыкновенного дифференциального уравнения, возникло уравнение в частных производных. Точное решение задачи (7) выписывается с помощью формулы Даламбера [2] и имеет вид

$$\begin{aligned} y(t, v) = & \frac{1}{2} \int_0^t \int_{v-t+\tau}^{v+t-\tau} M[f(\tau) \exp(i\varepsilon \xi)] d\xi d\tau + \frac{1}{2} M[x_0] (\phi_\varepsilon(v-t) + \phi_\varepsilon(v+t)) + \\ & + \frac{1}{2} M[x_1] \int_{v-t}^{v+t} \phi_\varepsilon(\xi) d\xi. \end{aligned}$$

Полагая в последнем равенстве  $v = 0$ , получим

$$\begin{aligned} M[x(t)] = & \frac{1}{2} \int_0^t \int_{\tau-t}^{t-\tau} M[f(\tau) \exp(i\varepsilon \xi)] d\xi d\tau + \frac{1}{2} M[x_0] (\phi_\varepsilon(-t) + \phi_\varepsilon(t)) + \\ & + \frac{1}{2} M[x_1] \int_{-t}^t \phi_\varepsilon(\xi) d\xi. \end{aligned} \quad (8)$$

Формула (8) является достаточно общей, так как она применима для любых законов распределения случайных параметров задачи. Более того, рассмотренный метод позволяет получить формулы для моментных функций и более высокого порядка.

**Математическое ожидание решения задачи (1)–(3) в случае независимости  $\varepsilon$  и  $f(t)$**

Если случайная величина  $\varepsilon$  и случайный процесс  $f(t)$  независимы между собой, то  $M[f(t) \exp(i\varepsilon v)] = M[f(t)] \phi_\varepsilon(v)$ , и формула (8) для вычисления математического ожидания решения задачи (1)–(3) примет вид

$$\begin{aligned} M[x(t)] = & \frac{1}{2} \int_0^t \int_{\tau-t}^{t-\tau} M[f(\tau)] \phi_\varepsilon(\xi) d\xi d\tau + \frac{1}{2} M[x_0] (\phi_\varepsilon(-t) + \phi_\varepsilon(t)) + \\ & + \frac{1}{2} M[x_1] \int_{-t}^t \phi_\varepsilon(\xi) d\xi. \end{aligned}$$

Поменяв порядок интегрирования в двойном интеграле, получим

$$\begin{aligned} M[x(t)] = & \frac{1}{2} \int_0^t \phi_\varepsilon(\xi) \int_0^{t-\xi} M[f(\tau)] d\tau d\xi + \frac{1}{2} \int_{-t}^0 \phi_\varepsilon(\xi) \int_0^{t+\xi} M[f(\tau)] d\tau d\xi + \\ & + \frac{1}{2} M[x_0] (\phi_\varepsilon(-t) + \phi_\varepsilon(t)) + \frac{1}{2} M[x_1] \int_{-t}^t \phi_\varepsilon(\xi) d\xi. \end{aligned} \quad (9)$$

**Математическое ожидание решения в случае стационарного случайного процесса  $f(t)$**

Пусть случайная величина  $\varepsilon$  независима со случайным процессом  $f(t)$  и, кроме того,  $f(t)$  – стационарный процесс, то есть  $M[f(t)] = M[f]$  – постоянная величина.

В формуле (9) вынесем  $M[f(\tau)] = M[f]$  за знак интеграла и вычислим внутренний интеграл. Тогда

$$M[x(t)] = \frac{1}{2}M[f] \left\{ \int_{-t}^0 \xi \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi - \int_0^t \xi \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi \right\} + \frac{1}{2}M[x_0](\phi_{\varepsilon}(-t) + \phi_{\varepsilon}(t)) + \frac{1}{2}(M[f]t + M[x_1]) \int_{-t}^t \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi. \quad (10)$$

Далее, обозначим через  $\psi_{\varepsilon}(\xi) = \phi_{\varepsilon}(\xi) + \phi_{\varepsilon}(-\xi)$ . Вычислим

$$\int_{-t}^0 \xi \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi - \int_0^t \xi \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi = - \int_0^t \xi (\phi_{\varepsilon}(\xi) + \phi_{\varepsilon}(-\xi)) d\xi = - \int_0^t \xi \psi_{\varepsilon}(\xi) d\xi, \\ \int_{-t}^t \phi_{\varepsilon}(\xi) d\xi = \int_0^t (\phi_{\varepsilon}(\xi) + \phi_{\varepsilon}(-\xi)) d\xi = \int_0^t \psi_{\varepsilon}(\xi) d\xi.$$

Подставив последние выражения в (10), получим

$$M[x(t)] = -\frac{1}{2}M[f] \int_0^t \xi \psi_{\varepsilon}(\xi) d\xi + \frac{1}{2}M[x_0] \psi_{\varepsilon}(t) + \frac{1}{2}(M[f]t + M[x_1]) \int_0^t \psi_{\varepsilon}(\xi) d\xi. \quad (11)$$

Заметим, что хотя для вывода формул для  $M[x(t)]$  и требовалось знание функционала  $\phi(v, u(\cdot))$ , он в них не участвует, а в случае независимых  $f(t)$  и  $\mathcal{E}$  математическое ожидание решения исходной задачи полностью определяется средними значениями  $f$ ,  $x_0$ ,  $x_1$  и характеристической функцией случайной величины  $\mathcal{E}$ .

**Математическое ожидание решения в случае равномерного распределения  $\mathcal{E}$**

Пусть случайная величина  $\mathcal{E}$  имеет равномерное распределение со средним значением  $M[\mathcal{E}] = \frac{a+b}{2}$ , тогда характеристическая функция имеет вид  $\phi_{\varepsilon}(t) = \frac{e^{ibt} - e^{iat}}{it(b-a)}$ .

Преобразуем

$$\phi_{\varepsilon}(t) = \frac{e^{ibt} - e^{iat}}{it(b-a)} = \frac{\cos bt + i \sin bt - \cos at - i \sin at}{it(b-a)} = \\ = \frac{\sin bt - \sin at}{t(b-a)} + i \frac{\cos at - \cos bt}{t(b-a)}.$$

$$\text{Вычислим } \psi_{\varepsilon}(t) = \phi_{\varepsilon}(t) + \phi_{\varepsilon}(-t) = \frac{2(\sin bt - \sin at)}{t(b-a)}.$$

Подставляя полученное соотношение в (11), находим

$$M[x(t)] = \frac{M[f]}{b-a} \left( \frac{\cos bt - 1}{b} + \frac{1 - \cos at}{a} \right) + M[x_0] \frac{(\sin bt - \sin at)}{t(b-a)} + \\ + \frac{M[f]t + M[x_1]}{b-a} \int_0^t \frac{\sin b\xi - \sin a\xi}{\xi} d\xi. \quad (12)$$

Итак, математическое ожидание решения задачи (1)-(3) в случае равномерно распределенной случайной величины  $\mathcal{E}$  вычисляется по формуле (12).

Хотелось бы отметить, что формула (11) позволяет найти математическое ожидание решения исходной задачи для любого распределения случайной величины  $\mathcal{E}$ , если известна ее характеристическая функция.

#### Литература

1. Задорожний В.Г. Методы вариационного анализа / В.Г. Задорожний. – М. - Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2006. – 316 с.
2. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 799 с.

#### References

1. Zadorozhnyj V.G. Metody variacionnogo analiza / V.G. Zadorozhnyj. – М. - Izhevsk: NIC "Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika", Institut komp'yuternyh issledovanij, 2006. – 316 s.
2. Tihonov A.N. Uravnenija matematicheskoj fiziki / A.N. Tihonov, A.A. Samarskij. – М.: Izd-vo MGU, 1999. – 799 s.

**Боярский Л.А.**

Профессор, доктор физико-математических наук, профессор кафедр физический методов исследования твердого тела, ФГАОУВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

#### СПИНОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

**Аннотация**

В металлоорганическом соединении  $Fe(t(DMPz)M)_2(ClO_4)_2$  при понижении температуры ниже 220 К наблюдается спиновый переход из высокоспинового в промежуточное состояние. Восприимчивость обеих фаз подчиняется закону Кюри-Вейсса, дальний магнитный порядок не наблюдается.

В квазибинарной системе  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$  исходные компоненты  $\text{LaCoO}_3$  и  $\text{LaRhO}_3$  при низких температурах находятся в низкоспиновых, немагнитных состояниях. Допирование родием при  $x$  более 0,04 наблюдается спиновый переход в состояние с кюри-вейссовской восприимчивостью, а при определенном повышении концентрации возникает магнитоупорядоченная фаза спинового стекла. Природа этого перехода связывается с ролью взаимодействия Дзялошинского – Мориа.

**Ключевые слова:** правила Хунда, спиновые переходы, взаимодействие Дзялошинского – Мориа

**Boyarsky L.A.**

Professor, Doctor of sciences (Physics and Mathematics), professor of department for research of solid state solids, Novosibirsk research state university

## SPIN TRANSITIONS AND POSSIBLE NATURE OF THE LONG DISTANT MAGNETIC STATES

**Abstract**

In organo-metallic compound  $\text{Fe}(t(\text{DMPz})\text{M})_2(\text{ClO}_4)_2$  as the temperature decreases to 220 K takes place the spin transition from high spin state to intermediate one. The susceptibilities of both phases obeys to Curie-Weiss law, the high distance magnetic order not observed.

In the system  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$  the initial components  $\text{LaCoO}_3$  and  $\text{LaRhO}_3$  at the low temperatures are in the low spin, nonmagnetic states. Rhodium doping at  $x > 0.04$  drives to spin transition in paramagnetic (Curie-Weiss) state, and at certain pinch of concentration there is a phase of a spin glass. The nature of this transition contacts a role of interaction Dzyaloshinsky – Moriya.

**Keywords:** Hund's rules, spin transitions, Dzyaloshinsky-Moriya interaction

Хорошо известны примеры влияния на зарядовую (спиновую) подсистему вещества особенностей ионного окружения – группы симметрии решетки, примесей и дефектов структуры. Это, в частности, фазовые переходы металл–диэлектрик (металл–полупроводник), возникающие как следствие структурных превращений. Самый хрестоматийный пример – «оловянная чума», известная как причина гибели полярной экспедиции, хранившей запас воды в оловянных емкостях. Другой пример – электронные превращения в двуокиси ванадия  $\text{VO}_2$ . Известно, что двуокись ванадия при понижении температуры ниже  $T_c = 340$  К испытывает фазовый переход первого рода металл–диэлектрик (или, по другим данным, металл–полупроводник). При переходе изменяется симметрия решетки [1].

Вернемся, однако, к проблеме, имеющей непосредственное отношение к заголовку статьи. Нет правил без исключений. Это высказывание справедливо даже по отношению к такой, казалось бы, незыблемой закономерности, как упорядочение спинов при заполнении электронных оболочек переходных элементов (правила Хунда). Согласно этим правилам электроны в частично заполненной оболочке (например, d-оболочке для элементов группы железа) располагаются с учетом принципа Паули так, чтобы оболочка обладала максимальным спиновым моментом  $S$  и максимальным орбитальным моментом  $L$  (при данном  $S$ ). Тогда полный момент  $J = (L - S)$  для оболочки, заполненной менее чем наполовину (все спины параллельны) и  $J = L + S$ , если число спинов более половины «вакантных» мест. Например, для 3d-оболочки железа, имеющей 6 электронов, суммарный спин равен 2 (одна пара электронов с антипараллельными спинами и 4 электрона с параллельными).

У иона d-металла в поле лигандов октаэдрического комплекса происходит расщепление d-орбитали (рис. 1). При этом для каждого d-электрона имеются два энергетически неэквивалентных типа орбиталей: три эквивалентные орбитали  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$  и  $d_{xz}$ , обычно обозначаемые  $t_{2g}$ , в которых электростатическое взаимодействие с лигандами минимально, и две менее устойчивые орбитали  $d_z^2$  и  $d_{x^2-y^2}$ , их обычно обозначают  $e_g$ , в которых электрон испытывает наибольшее отталкивание от лигандов. В частности, для ионов типа  $d^n$  ( $4 \leq n \leq 7$ ) возможно нахождение иона металла в двух состояниях -- высокоспиновое (ВС) и низкоспиновое (НС), зависящих от природы лигандов и, как следствие, величины расщепления d-орбитали  $\Delta_0$  и энергии спаривания электронов  $P$ .

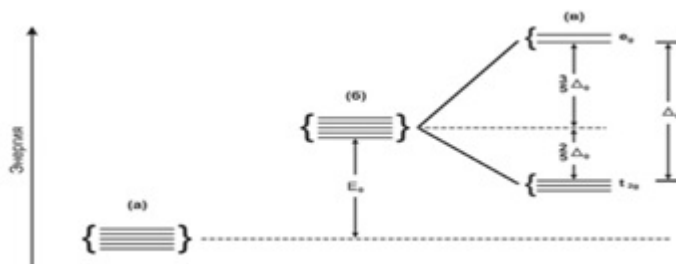


Рис. 1. Диаграмма энергетических уровней, образующихся в результате расщепления d-орбиталей в октаэдрическом поле лигандов. а – свободный атом; б, в – в сферическом и октаэдрическом поле.

Например, для  $d^6$  иона  $\text{Fe(II)}$  6 свободных электронов распределяются следующим образом: состояние с конфигурацией  $t_{2g}^4 e_g^2$  (состояние  $^5T_{2g}$  в октаэдрической симметрии), имеет четыре неспаренных электрона и, таким образом, парамагнитные свойства, и  $t_{2g}^6 e_g^0$ , которое не имеет неспаренных электронов ( $^1A_{1g}$ -состояние) (рис. 2). В ряде случаев может возникать и промежуточное состояние с двумя неспаренными спинами.

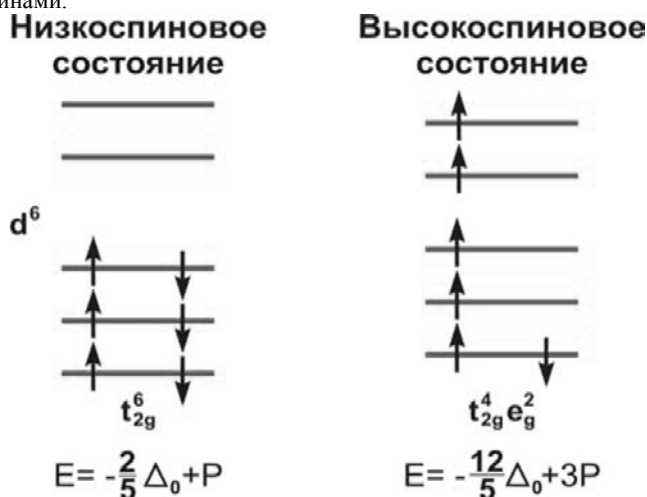


Рис. 2. Диаграмма возможных высоко- и низкоспиновых состояний с конфигурацией  $d^6$

Упомянутые выше правила выполняются для простых одноатомных или близких к таковым систем, а также в достаточно симметричных твердых телах (кубической или октаэдрической координации). В более сложных случаях, например в металлоорганических соединениях, возникают фазовые переходы из низкоспиновых, противоречащих правилам, в высокоспиновые, отвечающие правилам, состояния. Если величина расщепления d-орбитали центрального иона металла сопоставима с энергией спаривания электронов, возможно существование высоко- и низкоспиновых состояний с близкими значениями энергии. При изменении давления, температуры или под действием электромагнитного излучения некоторые соединения переходных  $3d^n$ -металлов ( $4 \leq n \leq 7$ ) испытывают изменение магнитного момента при переходе между упомянутыми состояниями. Как правило, имеет место температурный гистерезис, т. е. происходит фазовый переход первого рода.

Эти превращения наблюдаются, например, в качестве «побочного» эффекта при изучении магнитоупорядоченных состояний в упомянутых металлоорганических соединениях. Цель таких исследований заключается, как правило, в поиске новых ферромагнитных материалов с низкой плотностью и высокими значениями точек Кюри и магнитных моментов насыщения. Поэтому, когда в результате синтеза не получаются соединения, обладающие магнитоупорядоченной фазой, эксперимент считается неудачным. Однако, если при этом наблюдаются спиновые переходы, то возникает возможность изучения этого явления «в чистом виде». Далее мы обсудим магнитные свойства именно таких «бракованных» образцов.

На рис. 3 представлены результаты измерения магнитной восприимчивости одного из таких соединений.

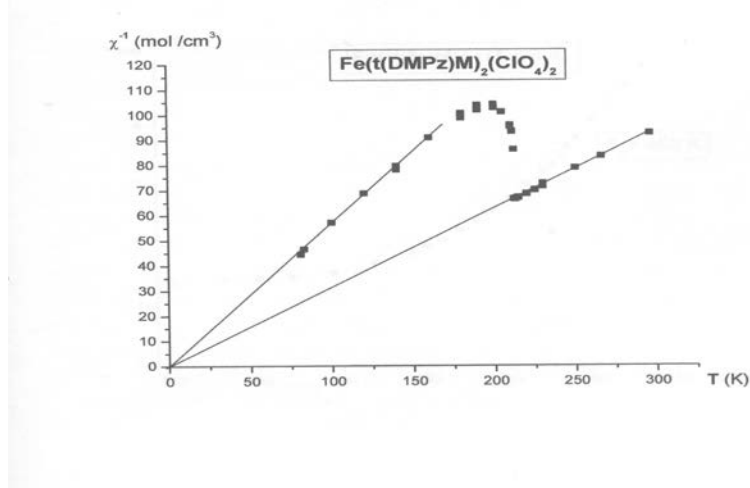


Рис. 3. Температурная зависимость обратной магнитной восприимчивости одного из металлоорганических соединений.

Отчетливо виден несколько размытый фазовый переход, при этом характерно, что оба состояния с точностью до погрешности эксперимента остаются чисто парамагнитными (обе кривые экстраполируются в начало координат).

На рис. 4 показано температурное изменение магнитного момента при фазовом переходе в этом же образце. Виден небольшой температурный гистерезис. По-видимому, при низких температурах имеет место упомянутое выше промежуточное спиновое состояние.

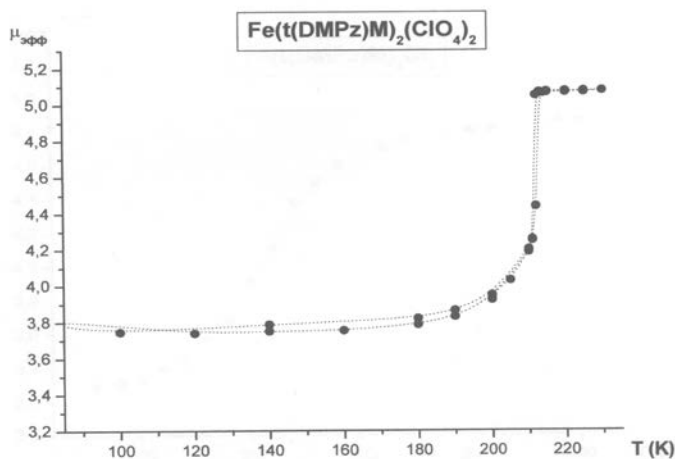


Рис.4. Изменение магнитного момента при фазовом переходе. Момент указан в магнетонах Бора.

Разработанной последовательной микроскопической теории спиновых переходов пока не существует. Дело ограничивается феноменологическими подходами, рассмотрением различных вкладов в энергетику вещества. Такой подход зачастую достаточен с точки зрения материаловедов, однако не может удовлетворить общему для физиков-теоретиков стремлению получить четкую и однозначную картину всех наблюдаемых процессов и явлений.

В том случае, когда в системе не наблюдается ярко выраженный фазовый переход, принято говорить о кроссовере. Однако, с точки зрения физики фазовых переходов, спиновая подсистема вдали от этого кроссовера слева и справа находится в разных состояниях. Это означает, что произошел фазовый переход. Необычайно большая «размазка» этого перехода, на наш взгляд, может быть связана с сильной неоднородностью вещества, образованием своеобразной доменной структуры со своей для каждого домена температурой спинового перехода.

В приведенном выше примере возникновение высокоспинового состояния не приводит к появлению того или иного типа магнитного упорядочения. По-видимому, трансформация кристаллического поля спровоцировала переход в спиновой подсистеме, однако существующей в веществах, содержащих ионы магнитоактивных элементов, обменной энергии в данном случае оказалось недостаточно для организации, например, ферромагнетизма.



Для того, чтобы проследить, как возникает дальний магнитный порядок в связи со спиновым переходом, можно обратиться к более простым, по сравнению с металлоорганическими соединениями, объектам. Речь пойдет о квазибинарной системе  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$  [2]. Исходные компоненты  $\text{LaCoO}_3$  и  $\text{LaRhO}_3$  при низких температурах находятся в низкоспиновых, немагнитных состояниях.

Спиновая конфигурация иона  $\text{Co}^{3+}$  в перовскитном кристалле лантан-кобальт изменяется с температурой и давлением. Ион  $\text{Co}^{3+}$  ( $3d^6$ ) окружен шестью октаэдрически координированными ионами кислорода. Соответствующие орбитали кобальта расщепляются на высокоэнергетические  $e_g$  и низкоэнергетические  $t_{2g}$  (расщепление в кристаллическом поле). Ион кобальта оказывается в высокоспиновом состоянии ( $e-2, t-4, S=2$ ) когда хундовское спаривание больше расщепления от кристаллического поля, в противном случае наблюдается низкоспиновое состояние ( $e-0, t-6$ ). Имеет место также промежуточное состояние ( $e-1, t-5, S=1$ ) при учете конечных переходов между  $e$ -орбиталями и  $2p$ -орбиталями кислорода. Основное состояние трехвалентного иона кобальта в лантановом перовските ниже 100 К – низкоспиновое. Однако, как показано в разных теоретических и экспериментальных работах, имеют место также возбужденные состояния.

В квазибинарных соединениях  $\text{LaCo}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_3$  наблюдаются аномалии, отличающиеся в силу различного влияния замещающих ионов на спиновое состояние иона кобальта. В случае родия при  $x$  более 0,04 наблюдается спиновый переход в состояние с кюри-вейссовской восприимчивостью. Из общих соображений разницу в поведении указанных квазибинарных соединений следует отнести на счет того, что родий – это 4d-элемент, электроны его незаполненной 4d-оболочки могут играть существенную роль в организации кооперативных явлений в перовскитах.

В цитируемой работе [2] приведены результаты всестороннего исследования серии поликристаллических образцов  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$  при значениях  $x$  от нуля до 0,9. Основное внимание уделено кристаллофизическим и магнитным измерениям.

Структурные исследования показали, что, хотя при  $x = 0,2$  структура меняется от ромбоэдрической на орторомбическую, решеточный объем, равно как и параметр решетки  $a$  меняются непрерывно, увеличиваясь с ростом концентрации ионов родия.

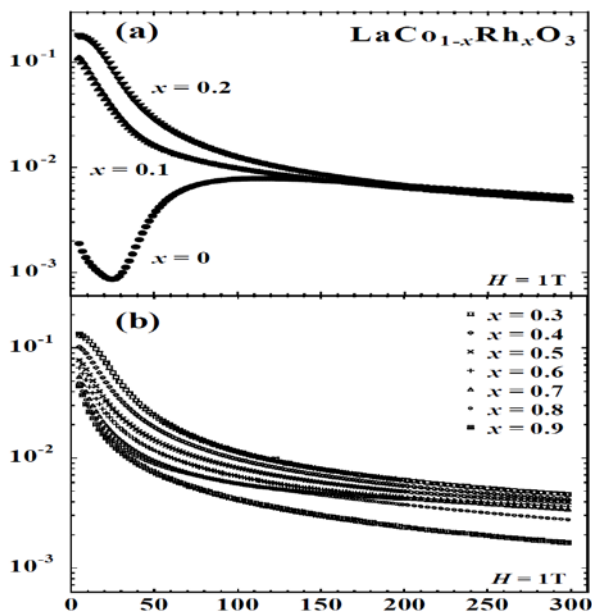


Рис. 5. Температурные зависимости намагниченности, измеренной в поле 1 Т. Намагниченность в магнетонах Бора на формульную единицу, температура в Кельвинах [2]

На рис. 5 представлены результаты измерений магнитного момента (на формульную единицу) в поле 1 Т от температуры для всех образцов. Отчетливо видно, что при значении  $x = 0,1$  имеет место переход из низко- в высокоспиновое состояние уже при самых низких температурах. Полученные температурные зависимости магнитного момента для всех квазибинарных образцов подчиняются закону Кюри -- Вейсса. Константа  $\theta$  принимает значения от --80 до --300 К для разных образцов, что свидетельствует об антиферромагнитном характере взаимодействия. Однако как показали дальнейшие измерения, все не так просто.

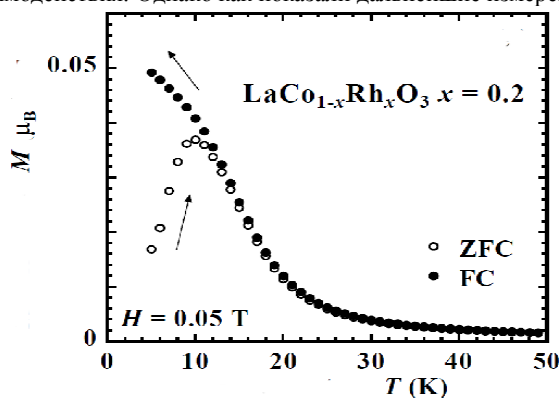


Рис. 6. Температурные зависимости магнитного момента, измеренные как в отсутствие поля (ZFC), так и для образца, охлажденного в поле (FC). Измерительное поле составляло 0,05 Т. [2]

Обратимся к рис. 6 и 7. На первом из них показаны результаты температурных измерений магнитного момента образца с  $x = 0,2$ , охлажденного как в отсутствие магнитного поля (ZFC), так и в магнитном поле (FC). Эти данные соответствуют типичному поведению спинового стекла. Хорошо известно, что подобные фазы наблюдаются в металлических сплавах, содержащих небольшие примеси переходных элементов. В этих веществах взаимодействие спиновых моментов примесных атомов происходит через электроны проводимости (взаимодействие РККИ) – дальнедействующее и знакопеременное. В неупорядоченных сплавах возникают фрустрации, приводящие к «замораживанию» спиновых моментов в отсутствие выделенных направлений. При

наложении достаточно большого магнитного поля происходит намагничивание системы, как правило, не слишком отличающееся от линейного.

Анализируя представленные авторами публикации результаты, прежде всего, нужно заметить, что в данном случае мы имеем дело с диэлектрическими образцами. Взаимодействие между спиновыми моментами кобальта здесь происходит по механизму косвенного обмена, что при повышенных температурах приводит к парамагнетизму ланжевеновского типа. Замещение части ионов кобальта ионами родия вызывает, с одной стороны, изменение группы симметрии решетки, с другой, в силу неоднородности (неупорядоченности) квазибинарных растворов, возникает дополнительное обменное взаимодействие, которым, на наш взгляд, является взаимодействие Дзялошинского – Мория [3, 4]. Именно оно несет ответственность за наблюдаемый кооперативный эффект. На рис. 8 представлена зависимость температуры магнитного фазового перехода от концентрации родия. Ясно, что взаимодействие между спинами кобальта при повышении концентрации родия должно ослабевать.

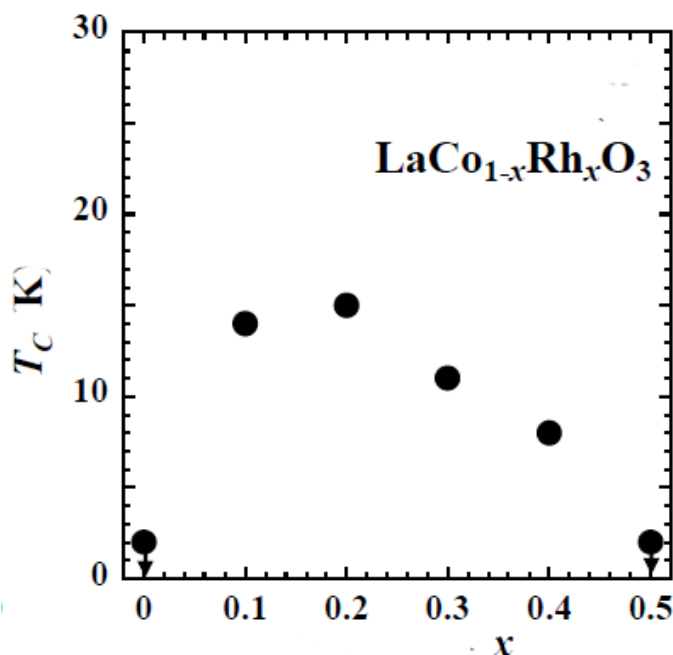


Рис. 8. Концентрационная зависимость температуры магнитного превращения. [2]

Возникновение фазы спинового стекла в диэлектрических системах не является новостью. Подобного рода явление было отмечено еще несколько десятилетий назад. Вопрос заключается лишь в определении механизмов (взаимодействий), приводящих к подобному эффекту.

Авторы работы [2] интерпретируют полученные ими данные как возникновение ферромагнитной (слабый ферромагнетизм антиферромагнетиков) фазы при определенной концентрации родия в квазибинарном растворе. Действительно, в поле порядка 1 Т наблюдается поляризованная магнитная фаза, намагничивание растет с увеличением поля. Однако данные тех же авторов, полученные в поле 0,05 Т, измеренные при охлаждении образцов в магнитном поле и без него, соответствуют типичному поведению спинового стекла. В любом случае справедливым представляется не сделанное авторами указанной статьи утверждение, что в неупорядоченном квазибинарном растворе, содержащем магнитоактивные ионы кобальта, при определенных условиях преобладающим оказывается взаимодействие Дзялошинского – Мория.

Еще один пример, иллюстрирующий влияние изменений кристаллического поля на магнитное состояние структуры, состоящей из немагнитных компонентов, приведен в работе [5].

Одну из последних (по времени) попыток найти адекватное (но снова таки феноменологическое) описание спиновых переходов, на этот раз в соединениях кобальта, можно найти в статье [6].

Что касается теории промежуточного спинового состояния, то здесь известна одна попытка дать теоретическое объяснение этого явления [7], но и в этом случае речь идет лишь о феноменологическом подходе. Совсем недавно опубликована работа [8], в которой содержится попытка микроскопического описания всего комплекса спиновых переходов, явно связанного с нетривиальными конкурирующими взаимодействиями.

В заключение следует отметить, что при низких температурах в перовските  $\text{LaCoO}_3$  ионы кобальта находятся в октаэдрическом окружении, приводящем к низкоспиновому состоянию. При повышении температуры решетка становится орторомбической, а ионы кобальта переходят в высокоспиновое состояние. Взаимодействие между этими ионами при этом оказывается недостаточным для возникновения магнитоупорядоченной структуры. Добавление ионов родия приводит к изменению группы симметрии в неупорядоченном твердом растворе. Это, в соответствии с представлениями Дзялошинского и Мория, приводит к возникновению дополнительного обменного поля, что и становится причиной наблюдаемой на опыте фазы спинового стекла.

#### Литература

1. Боярский Л. А., Габуда С. П., Козлова С. Г. ЯМР-исследование низкотемпературной фазы диоксида ванадия. // ФНТ. 2000. Т. 26. № 2. С. 197--203.
2. Asai S., Furuta N., Yasui Y., et al. Weak ferromagnetism in  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$ : anomalous magnetism emerging between two nonmagnetic end phases. // ArXiv 2011. Cond-mat. 1107.4840. 16 p.
3. Dzyaloshinsky I. A thermodynamic theory of "weak" ferromagnetism of antiferromagnetics. // J. Phys. Chem. Solids, 1958, Vol. 4. P. 241--255.
4. Moriya T. Anisotropic superexchange interaction and weak ferromagnetism. // Phys. Rev., 1960. Vol. 120, P. 91—98
5. Kalisky B., Bert J. A., Klopfer B. B. et al. Critical thickness for ferromagnetism in  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  heterostructures. // ArXiv 2011. Cond-mat. 1201.1063. 16 p.
6. Raebiger H., Fukutomi Sh., Yasuhara H. Crossover of high and low spin states in transition metal complexes. // ArXiv 2012 Chem-ph. 1209.6432. 8 p.

7. Lomonova K.V., Zhitlukhina E.S., Babkin R.Yu et.al. Intermediate-spin state of a 3d ion in the octahedral environment and generalization of the Tanabe—Sugano diagrams. // J/Phys. Chem. A., 2011., V. 115 (46), P. 13596–13604

8. Hagymasi I., Soliom J., Legeza O. Competition between Hund's coupling and Kondo effect in a one-dimensional extended periodic Anderson model // ArXiv 2015. Cond-mat. 1215.05889. 9 p.

#### References

1. Bojarskij L. A., Gabuda S. P., Kozlova S. G. JaMR-issledovanie nizkoterperaturnoj fazy dioksida vanadija. // FNT. 2000. T. 26. № 2. S. 197–203.

2. Asai S., Furuta N., Yasui Y., et al. Weak ferromagnetism in  $\text{LaCo}_{1-x}\text{Rh}_x\text{O}_3$ : anomalous magnetism emerging between two nonmagnetic end phases. // ArXiv 2011. Cond-mat. 1107.4840. 16 p.

3. Dzyaloshinsky I. A thermodynamic theory of "weak" ferromagnetism of antiferromagnetics. // J. Phys. Chem. Solids, 1958, Vol. 4. P. 241–255.

4. Moriya T. Anisotropic superexchange interaction and weak ferromagnetism. // Phys. Rev., 1960. Vol. 120, P. 91–98

5. Kalisky B., Bert J. A., Klopfer B. B. et al. Critical thickness for ferro-magnetism in  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  heterostructures. // ArXiv 2011. Cond-mat. 1201.1063. 16 p.

6. Raebiger H., Fukutomi Sh., Yasuhara H. Crossover of high and low spin states in transition metal complexes. // ArXiv 2012 Chem-ph. 1209.6432. 8 p.

7. Lomonova K.V., Zhitlukhina E.S., Babkin R.Yu et.al. Intermediate-spin state of a 3d ion in the octahedral environment and generalization of the Tanabe—Sugano diagrams. // J/Phys. Chem. A., 2011., V. 115 (46), P. 13596–13604

8. Hagymasi I., Soliom J., Legeza O. Competition between Hund's coupling and Kondo effect in a one-dimensional extended periodic Anderson model // ArXiv 2015. Cond-mat. 1215.05889. 9 p.

**Губаренко М. А.**

Аспирант кафедры Средства связи и информационная безопасность, Омский государственный технический университет

#### РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА УСТРАНЕНИЯ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ФАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Аннотация**

*Рассмотрен метод определения направления на источник излучения. Азимут и угол места определены на основании оптимального алгоритма. Восстановлена неоднозначность фазовых измерений. В статье определена область применения рассмотренного метода восстановления вектора неоднозначности.*

**Ключевые слова:** фаза, оптимальный алгоритм, неоднозначность фазы, область применения.

**Gubarenko M. A.**

Postgraduate student of Communication facilities and information security chair, Omsk state technical university

#### IMPLEMENTATION OF OPTIMAL ALGORITHM RESTORING AMBIGUITY OF PHASE

**Abstract**

*Determination the direction in the line of emission source is considered in the article. Azimuth and tilt angle are defined by the use of optimal algorithm. Ambiguity of phase measuring is restored. Article determines field of application considered method of restoring the vector.*

**Keywords:** phase, optimal algorithm, ambiguity of phase, field of application.

Источниками радиосигналов могут быть объекты радиолокационного наблюдения, отражающие радиоволны, либо различного рода радиопередатчики. Информация о направлении прихода к пеленгатору излученной волны содержится в положении её фазового фронта. Нормаль к фазовому фронту в однородной среде распространения радиоволн совпадает с направлением на источник излучения.

Диаграмма направленности приемной антенны зависит от назначения фазового пеленгатора. В следящих пеленгаторах, предназначенных для работы по выбранным источникам сигналов, применяются направленные антенны. Применение таких антенн, с одной стороны, увеличивает соотношение сигнал/собственный шум приемных устройств, с другой ограничивает измеряемую разность фаз интервалом 360 градусов.

Использование радиопеленгаторов в составе систем радиоэлектронной борьбы сопряжено с некоторыми техническими трудностями. В частности с априорной неопределенностью несущей частоты. В рамках данной работы будем считать, что несущая частота была определена ранее и может быть использована в расчетах.

Использование разности фаз приемных антенн фазового пеленгатора позволяет определить направление на источник излучения. Существуют различные алгоритмы для определения азимута и угла места. Основное отличие методов заключается в способе поиска векторов неоднозначности.

Алгоритм максимального правдоподобия (оптимальный алгоритм) имеет наибольшую вероятность правильного устранения неоднозначности и требует больших вычислительных ресурсов.

Квазиоптимальный алгоритм устраняет неоднозначность фазовых измерений с меньшей вероятностью. Собственные области векторов неоднозначности аппроксимируются параллелепипедами, что упрощает процедуру поиска векторов, однако снижает вероятность правильного устранения неоднозначности.

В работе построена модель двухкоординатного фазового пеленгатора с плоской антенной решеткой. Для нахождения вектора неоднозначности фазовых измерений реализована модификация алгоритма максимального правдоподобия при условии, что поиск вектора неоднозначности ведется перебором всех возможных вариантов.

Будем считать, что погрешности фазовых измерений подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, имеют нулевые средние значения. На основании этого [1, с. 168] вычислена корреляционная матрица фазовых ошибок  $B$ . Рассмотрено решение системы уравнений правдоподобия:

$$v = (\vec{\varphi} + \vec{k})^T \vec{q}_v,$$

$$u = (\vec{\varphi} + \vec{k})^T \vec{q}_u,$$

где весовые векторы  $q_v$  и  $q_u$  вычислены через матрицу  $H = \vec{n}_x \vec{n}_y^T - \vec{n}_y \vec{n}_x^T$ , обладающую свойством  $H^T = -H$ . Эта матрица введена В. И. Беловым в работе [2, с. 98]. Весовые векторы [1, с. 166] найдены из следующих равенств:

$$\vec{q}_v = \frac{B^{-1}HB^{-1}\vec{n}_y}{\vec{n}_y^T B^{-1}HB^{-1}\vec{n}_x}$$

$$\vec{q}_u = \frac{B^{-1}HB^{-1}\vec{n}_x}{\vec{n}_x^T B^{-1}HB^{-1}\vec{n}_y}$$

Вектор неоднозначности  $\vec{k}$  выбирается таким, чтобы функция правдоподобия  $W(\varphi, v, u)$ , описанная в [1, с. 165], достигала главного максимума. Там же показано, что для сокращения объема вычислений достаточно найти минимум показателя степени  $Q_\varphi$  в функции правдоподобия, что и сделано в настоящей работе.

Далее выполнен поиск вектора неоднозначности  $\vec{k}$  для которого функция  $Q_\varphi$  достигает минимального значения. Выбраны 5 антенных баз [3, с. 8], характеризующихся векторами относительных баз  $\vec{n}_x$  и  $\vec{n}_y$  [4, с. 186]. Тогда очевидно, что вектор  $\vec{k}$  может находиться в диапазоне от  $-(\vec{n}_x + \vec{n}_y)$  до  $(\vec{n}_x + \vec{n}_y)$ . Выполнен поиск целочисленного вектора  $\vec{k} = [\Delta v \vec{n}_x + \Delta u \vec{n}_y]$  с шагом  $\Delta v = \Delta u = 0.01$ , построена зависимость  $Q_\varphi$  от рассмотренных векторов  $\vec{k}$ :

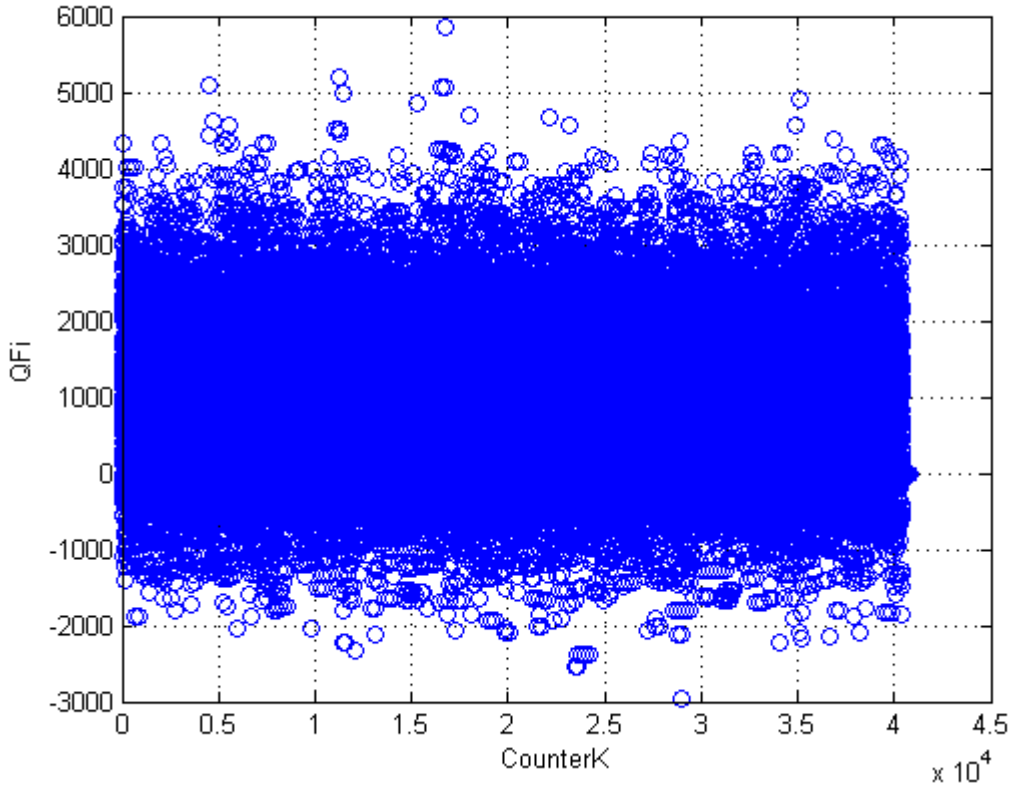


Рис. 1 График функции  $Q_\varphi$

На рисунке 1  $CounterK$  - порядковый номер вектора неоднозначности, для которого вычислено значение функции  $QFi \equiv Q_\varphi$ .

Согласно графику  $Q_\varphi$  достигает минимума для некоторого вектора  $\vec{k}$ . Этот вектор выбран в качестве искомого вектора неоднозначности. Используя этот вектор, восстановлена полная фаза  $\vec{\varphi} + \vec{k}$  принятой волны [1, с. 165] и найдены направляющие косинусы  $v$  и  $u$ . Далее найдены азимут  $\alpha$  и угол места  $\beta$ :

$$\alpha = \arctg\left(\frac{u}{v}\right)$$

$$\beta = -\text{sign}(v) \arcsin(\sqrt{v^2 + u^2})$$

Алгоритм протестирован для азимута  $\alpha \in [-45; 45]$  и угла места  $\beta \in [-30; 30]$ . Выявлено, что при частотах принимаемой волны  $F > 2\text{GHz}$  просматриваются не все вектора неоднозначности. Это приводит к нахождению вместо глобального максимума одного из локальных минимумов показателя степени  $Q_\varphi$  функции правдоподобия.

Найти пропущенные вектора, можно уменьшив шаг сетки  $\Delta v = \Delta u = 0.001$ . Однако это приводит к существенному увеличению времени на поиск вектора. Это обстоятельство ограничивает область применимости метода выбора векторов

неоднозначности путем вычисления  $Q_\varphi$  на каждом возможном векторе. Метод поиска по всей области векторов применим для частот принимаемой волны  $F \leq 2GHz$ .

#### Литература

1. Денисов, В. П., Дубинин Д. В. Фазовые радиопеленгаторы. Томск: издательство ТГУ, 2002, 251 с.
2. Белов В. И. Теория фазовых измерительных систем Томск: издательство ТГУ, 2007, 148 с.
3. Скольник М. Справочник по радиолокации. М.: Советское радио, 1976, 456 с.
4. Старт А. Радиотехника и радиолокация М.: Советское радио, 1960, 668 с.

#### References

1. Denisov, V. P., Dubinin D. V. Fazovye radiopelengatory. Tomsk: izdatel'stvo TGU, 2002, 251 s.
2. Belov V. I. Teoriya fazovyh izmeritel'nyh sistem Tomsk: izdatel'stvo TGU, 2007, 148 s.
3. Skolnik M. Spravochnik po radiolokacii. M.: Sovetskoe radio, 1976, 456 s.
4. Starr A. Radiotekhnika i radiolokacija M.: Sovetskoe radio, 1960, 668 s.

**Иконников О.А.**

Кандидат технических наук, Сибирский государственный аэрокосмический университет  
**О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ**

#### Аннотация

*Рассматривается задача идентификации линейных динамических систем (ЛДС) в условиях непараметрической неопределенности, т.е. исследуется случай, когда априорная информация об объекте незначительна. Настоящая работа содержит результаты непараметрического моделирования линейных динамических процессов высоких порядков.*

**Ключевые слова:** идентификация, непараметрическое моделирование, динамический объект, интеграл Дюамеля, переходная функция.

**Ikonnikov O.A.**

Candidate of technical sciences, Siberian State Aerospace University  
**TO NONPARAMETRIC MODELS OF LINEAR DYNAMIC PROCESSES OF HIGH ORDER**

#### Abstract

*The linear dynamic systems (LDS) identification problem in conditions of nonparametric uncertainty is considered, i.e. the case, when the object priori information either insignificant or completely absent is researched. This paper contains results of nonparametric modeling of linear dynamic processes of high orders.*

**Keywords:** identification, nonparametric modeling, dynamic object, Duhamel integral, transition function.

В последнее время достаточно высокий уровень развития информационных технологий подразумевает под собой практическую разработку и исследование новых или недостаточно хорошо изученных на сегодняшний день задач в сфере управления, идентификации, а также моделирования различных динамических процессов.

Первым этапом в общем комплексе работ по математическому моделированию является *идентификация* изучаемого объекта, т.е. построение его математической модели. Под идентификацией будем понимать построение математической модели, устанавливающей закономерность между выходными и входными переменными объекта, которая дает возможность определить с заданной точностью выходную переменную этого объекта по его входным переменным. Основой для создания модели данного объекта служат результаты измерений его входных и выходных переменных. При этом важно лишь то, что измерения входных и выходных сигналов производятся синхронно, то есть в одинаковые моменты времени.

В общем случае построение модели для конкретного объекта требует по результатам измерений входного и выходного сигналов отнесения данного объекта к определенному классу. При этом будем исходить из статистической постановки задачи идентификации, считая, что возмущение (входная переменная)  $u(t)$  и реакция (выходная переменная)  $x(t)$  представляют собой случайные функции или случайные величины.

Если динамические характеристики объекта описываются оператором  $A$ , то при наличии результатов измерений входной и выходной случайных функций (переменных) задача идентификации сводится к определению некоей оценки  $\tilde{A}$  оператора  $A$ . Естественно требовать близости оценки  $\tilde{A}$  к истинному значению оператора  $A$ , что равносильно требованию близости случайной функции на выходе модели [1]

$$\tilde{x}(t) = \tilde{A}u(t) \quad (1)$$

к случайной функции  $x(t)$ , являющейся реакцией самой системы на входное возмущение  $u(t)$ .

Самым распространенным критерием в задачах идентификации является критерий минимума квадрата ошибки оценки оператора  $A$ . Этот критерий выглядит следующим образом [1]:

$$w = \sum_{i=1}^s (x(t_i) - \tilde{x}(t_i))^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $s$  – объем выборки.

Непараметрическая теория, как известно, имеет такой уровень развития, который позволяет охватывать практически любые порядки исследуемых процессов. Несмотря на довольно большой объем вычислений, была предпринята попытка получить результаты по математическому моделированию динамических процессов, порядок которых достаточно высок, и выяснить: а действительно ли непараметрические модели могут удовлетворительно работать с такими процессами?

В теории регулирования, для описания работы динамических систем, на входе которых наблюдаются сигналы произвольной формы, очень часто применяется *интеграл Дюамеля (свертки)*:

$$x(t) = k(0)u(t) + \int_0^t k'(t-\tau)u(\tau)d\tau = k(0)u(t) + \int_0^t h(t-\tau)u(\tau)d\tau, \quad (3)$$

где  $k$  и  $h$  – переходная и весовая функции соответственно, а  $u$  – входное динамическое воздействие на систему.

Математическая модель, построенная на основе этого интеграла с применением непараметрической аппроксимации кривой регрессии, имеет следующий вид [2]:

$$x_s(t) = k(0) \cdot u(t) + \frac{1}{s \cdot c_s} \cdot \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{\frac{t}{\Delta\tau}} k_i \cdot H' \left( \frac{t - \tau_i - t_i}{c_s} \right) \cdot u(\tau_i) \Delta\tau. \quad (4)$$

Пусть исследуемый линейный динамический процесс описывается дифференциальным уравнением следующего вида:

$$a_n \frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_0 x(t) = u(t). \quad (5)$$

Это уравнение связывает координаты выходного состояния объекта  $x(t)$  с входным воздействием  $u(t)$ , и эта связь подчинена определенному дифференциальному закону. Для работы на ЭВМ выражение (5) представляется в дискретно-разностной форме, а результаты счета представляются в графическом виде. Получение выходных сигналов объекта происходит посредством измерения координаты  $x_i$  через определенные промежутки времени  $\Delta t$ , от величины которых зависит точность аппроксимации.

Проводились численные исследования линейных динамических процессов десятого, пятнадцатого, а также двадцатого порядков. Результаты проведенных численных исследований на примере процесса 10 порядка изображены на рис.1. Здесь процесс в объекте изображен сплошной линией, а выход модели – пунктирной. Машинное время счета обозначено как  $T_c$ .

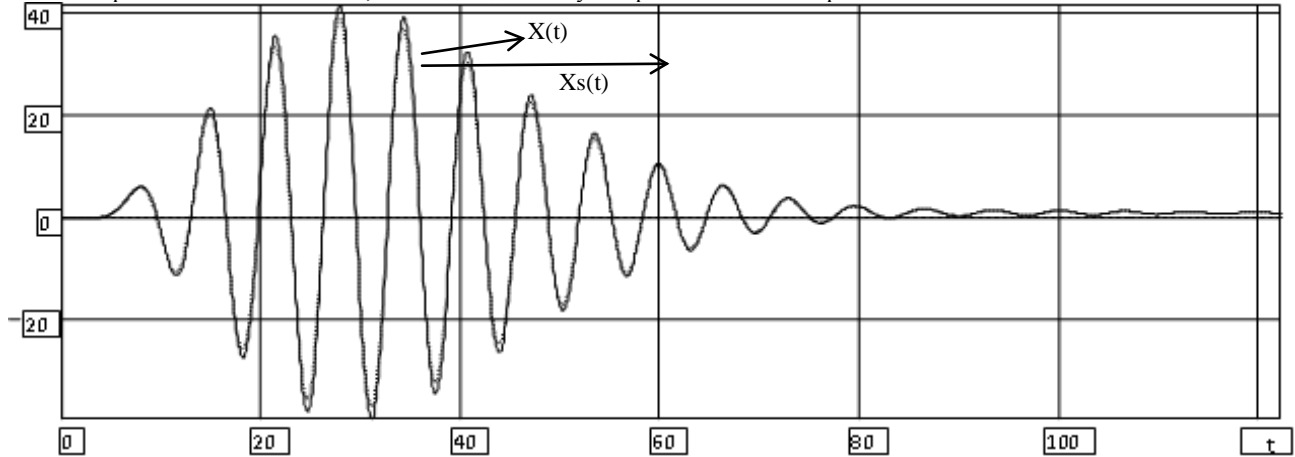


Рис.1 - Переходные функции объекта и модели  
( $\Delta t=0.07$ ,  $s=1750$ ,  $n=10$ ,  $T_c=23$  мин.)

Как видно из рисунка, с увеличением порядка дифференциального уравнения, которым описывается реальный процесс в системе, существенно растут: как объемы выборки, так и время регулирования процесса, что приводит к не менее существенному росту машинного времени  $T_c$ , затрачиваемого на реализацию математических расчетов.

#### Литература

- 1) Иконников О.А., Первушин В.Ф. Исследование непараметрических моделей динамических систем / О.А. Иконников, В.Ф. Первушин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. ак. М.Ф. Решетнева. Вып. 1(47). Красноярск, 2013. С. 36-40.
- 2) Медведев А.В. Об идентификации линейных динамических систем // Алгоритмы и программы в системах обработки экспериментальных данных. – Фрунзе: Илим, 1975. – С. 14-26.

#### References

- 1) Ikonnikov O.A., Pervushin V.F. Issledovanie neparametricheskikh modelej dinamicheskikh sistem / O.A. Ikonnikov, V.F. Pervushin // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo azerokosmicheskogo universiteta im. ak. M.F. Reshetneva. Vyp. 1(47). Krasnojarsk, 2013. S. 36-40.
- 2) Medvedev A.V. Ob identifikacii linejnyh dinamicheskikh sistem // Algoritmy i programmy v sistemah obrabotki jeksperimental'nyh dannyh. – Frunze: Ilim, 1975. – S. 14-26.

Корнеев А.С.<sup>1</sup>, Сухова Т.А.<sup>2</sup>, Суркаев А.Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Студент, Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета (ВПИ (филиал) ВолГТУ); <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент, ВПИ (филиал) ВолГТУ; <sup>3</sup>кандидат технических наук, доцент, ВПИ (филиал) ВолГТУ Волгоград, Россия, vpf@volpi.ru

#### ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ

##### Аннотация

В работе экспериментально исследуется возбуждение радиального механического возмущения в металлическом цилиндрическом стержне при возбуждении в нем ультразвуковых колебаний. Предлагаемая конструкция экспериментальной установки рассматривается как твердотельный ультразвуковой интерферометр. В качестве излучателей и приемников ультразвуковой волны в аксиальном направлении использовались пьезокерамические преобразователи. Для регистрации ультразвуковых колебаний и механических импульсных возмущений электрического разряда короткого замыкания использовался волноводный пьезокерамический преобразователь. Получены осциллограммы радиального механического возмущения и распределения относительно оси интерферометра для характерных частот и разряда короткого замыкания.

**Ключевые слова:** ультразвуковые колебания, интерферометр, пьезокерамические преобразователи, электрический разряд.

Korneev A.S.<sup>1</sup>, Sukhova T.A.<sup>2</sup>, Surkaev A.L.<sup>3</sup>

Volzhsky Polytechnical Institute (branch), Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia, vpf@volpi.ru

#### RESEARCH RADIAL COMPONENTS OF MECHANICAL INDIGNATIONS OF THE ULTRASONIC WAVE

##### Abstract

In work excitation of radial mechanical indignation in a metal cylindrical core is experimentally investigated at excitation in it of ultrasonic fluctuations. The offered (suggested) design of experimental installation is considered (examined) as solid-state ultrasonic interferometer. As radiators and receivers of a ultrasonic wave in an axial direction were used piezoceramical converters. For registration of ultrasonic fluctuations and mechanical pulse indignations of the electric category of short circuit it was used волноводный piezoceramical the converter. Oscillograms of radial mechanical indignation and distribution concerning an axis интерферометра for characteristic frequencies and the category of short circuit are received.



**Keywords:** ultrasonic fluctuations, interferometer, piezoceramical converters, the electric discharge.

Широкое применение как в различных технологических процессах в машиностроении, так и в фундаментальных научных исследованиях [1, 2] находит электрический разряд в конденсированных средах. Феномен электрического взрыва проводников (ЭВП), а также многие сопровождающие его эффекты, в частности, существование такого явления как стратообразование, на сегодняшний день не имеет однозначной интерпретации.

Целью данной работы является экспериментальное исследование радиальных механических возмущений в металлических проводниках в виде цилиндра при возбуждении в нем ультразвуковых колебаний аксиальной поляризации.

Исследование радиальных механических возмущений в металлических проводниках при протекании разрядного тока короткого замыкания было предпринято в работе [3], в которой описана и методика эксперимента. Наличие возмущений радиальной направленности рассматривается как одна из причин возникновения страт при электрическом взрыве проводников. В данной работе в проведенных экспериментах механические возмущения разрядного тока заменяются гармоническими колебаниями ультразвукового диапазона. Схема экспериментальной установки (рис.1) аналогична [3]. Объектом исследования является медный цилиндрический стержень 1, на боковой поверхности которого установлен волноводный пьезокерамический преобразователь 2, который выступает в качестве регистратора механических возмущений, распространяющихся в радиальном направлении.

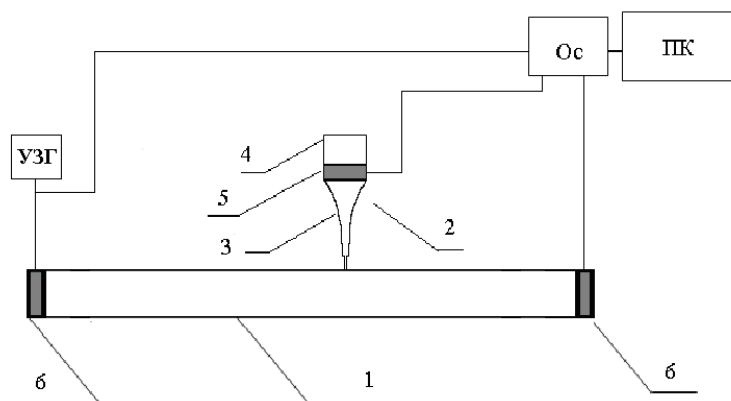


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

Конструктивно преобразователь [4] состоит из двух металлических волноводов, между которыми размещен пьезокерамический элемент в виде таблетки. Щуп (предволновод) 3 преобразователя 2, реактивный волновод 4 и пьезотаблетка 5 (ЦТС-19), зафиксированы между собой и имеют электрическую развязку. Математическое моделирование процессов в ступенчатом волноводном преобразователе [5] позволяет определить генерируемое напряжение пьезопреобразователем в зависимости от возбуждаемого возмущения. Рассматривая предволновод, выполненного с профилем экспоненциальной зависимости, как систему последовательно расположенных ступенчатых волноводов, можно оценить величину радиального механического напряжения. Для регистрации аксиальных механических возмущений пьезокерамические преобразователи 6 располагались на торцах цилиндрического проводника 1. В первой серии экспериментов рассмотренная конструкция используется как ультразвуковой твердотельный интерферометр [6]. На один из пьезоэлементов, подается сигнал с генератора (УЗГ), посредством второго пьезоэлемента осуществляется его прием. Электрический сигнал, генерируемый приемным пьезоэлементом, поступает на цифровой запоминающий многоканальный осциллограф (Ос) и далее на компьютер. Одновременно волноводным пьезопреобразователем регистрируется электрический сигнал радиальных колебаний. Характерные осциллограммы (рис. 2) показывают наличие радиальных колебаний, и существование резонансных частот аксиальных и радиальных колебаний.

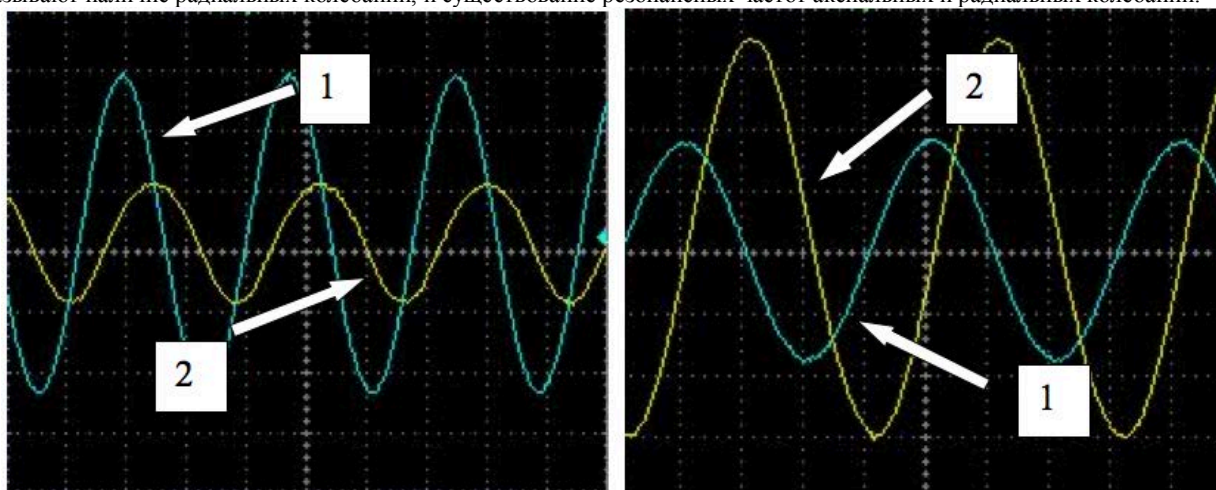


Рис. 2 Характерные осциллограммы ультразвукового интерферометра при резонансных частотах: а) электрический сигнал генерируемые колебания – 1, электрический сигнал аксиальные колебания торцевого приемника – 2; б) электрический сигнал радиальных колебания волноводного пьезопреобразователя.

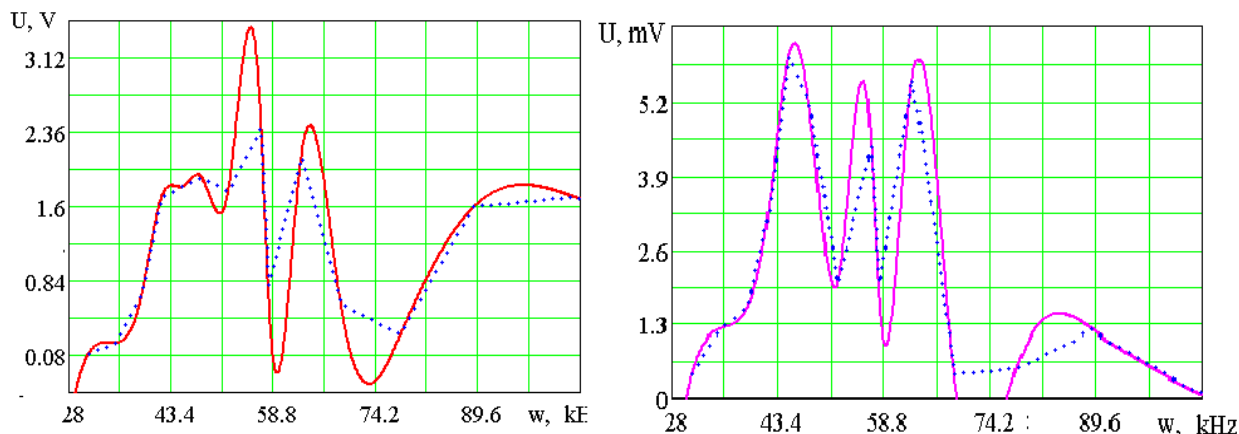


Рис. 3 – Графики зависимости генерируемых пьезоэлементами напряжений  $U(w)$  от частоты для аксиальных и радиальных колебаний

Графики частотных зависимостей (рис.3) генерируемых напряжений показывают наличие резонансных частот возбуждаемых колебаний аксиальной и радиальной поляризации. Таким образом, одной из причин стратообразования следует рассматривать наличие радиальной компоненты волны при ЭВП.

#### Литература

1. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. - М: Энергоиздат, 1990. - 217 с.
2. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости. - Киев: Наукова думка, 1986. – 205 с.
3. Суркаев А.Л. Исследование возникновения МГД-возмущений в цилиндрическом проводнике при протекании импульса разрядного тока // ПЖТФ, 2014, том 40, вып. 2. С. 23 -29
4. Суркаев А.Л., Муха Ю.П., Суркаев В.А. // Патент № 2241212. Волноводный датчик давления. 27.11. 2004.
5. Суркаев А.Л., Кульков В.Г. Исследование импульсного механического нагружения волноводного пьезодатчика давления. // Акустический журнал. Т. 52, № 2, 2006. С. 218-222
6. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. - Москва: Советская энциклопедия, 1979. - 400 с.

#### References

1. Burcev V.A., Kalinin N.V., Luchinskij A.V. Jelektricheskiy vzryv provodnikov i ego primenenie v jelektrifizicheskikh ustanovkah. - M: Jenergoizdat, 1990. - 217 s.
2. Krivickij E.V. Dinamika jelektrovzryva v zhidkosti. - Kiev: Naukova dumka, 1986. – 205 s.
3. Surkaev A.L. Issledovanie vznikoventija MGD-vozmushhenij v cilindrisheskom provodnike pri protekanii impul'sa razrjadnogo toka // PZhTF, 2014, tom 40, vyp. 2. S. 23 -29
4. Surkaev A.L., Muha Ju.P., Surkaev V.A. // Patent № 2241212. Volnovodnyj datchik davlenija. 27.11. 2004.
5. Surkaev A.L., Kul'kov V.G. Issledovanie impul'snogo mehanicheskogo nagruzhenija volnovodnogo p'ezodatchika davlenija. // Akusticheskij zhurnal. T. 52, № 2, 2006. S. 218-222
6. Ul'trazvuk. Malen'kaja jenciklopedija. - Moskva: Sovetskaja jenciklopedija, 1979. - 400 s.

#### Погодин И.Е.

Доктор физико-математических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет

#### О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ. ТРАНСПОРТНЫЕ ЗАДАЧИ С «ДИАГОНАЛЬНЫМИ» УСЛОВИЯМИ

#### Аннотация

Рассматривается решение методом потенциалов транспортной задачи с дополнительным ограничением на элементы перевозок, расположенные по диагонали таблицы стоимостей.

**Ключевые слова:** метод потенциалов, условие, диагональ.

#### Pogodin I.E.

Double PhD of Physical and Mathematical Sciences, Professor, St.Petersburg State University of Economics

#### THE SOLUTION OF THE OPTIMAL PLANNING PROBLEMS. TRANSPORT PROBLEMS WITH "DIAGONAL" RESTRICTIONS

#### Abstract

The decision by the method of potentials of the transport problem with the additional restrictions on the values of elements located on the diagonal of the table is suggested.

**Keywords:** method of potentials, restrictions, diagonal.

Известно, что практически все линейные задачи оптимального планирования могут быть сведены к задачам линейного программирования, допускающим классический путь решения, например, симплекс-методом.

Транспортные задачи, являющиеся частным случаем основных задач линейного программирования, всегда имеющие решение, допускают более простой и рациональный способ его получения с помощью метода «потенциалов». Потенциалы представляют собой переменные двойственной задачи линейного программирования и могут иметь произвольные знаки, поскольку все ограничения исходной транспортной задачи – как правило – уравнения. Именно это обстоятельство «свободы» знаков потенциалов сильно упрощает процедуру нахождения их числовых значений. Кроме того, найденный оптимальный план автоматически оказывается целочисленным (при целочисленных объемах и емкостях всех партнеров и других условий) и это также облегчает работу.



Основная задача:  

$$F = \sum_i \sum_k c_{i,k} * x_{i,k} \rightarrow \min$$

$$\sum_k x_{i,k} = a_i$$

$$\sum_i x_{i,k} = b_k$$

$$x_{1,1} + x_{2,2} = d \quad (*)$$

$$x_{i,k} \geq 0 \quad i=1 \div m; \quad k=1 \div n$$

Двойственная задача:  

$$\Phi = \sum_i a_i * u_i + \sum_k b_k * v_k \rightarrow \max$$

$$u_i \geq 0$$

$$v_k \geq 0$$

$$w \geq 0$$

$$u_1 + v_1 + w = c_{1,1}, \quad \text{если } x_{1,1} \geq 0$$

$$u_2 + v_2 + w = c_{2,2}, \quad \text{если } x_{2,2} \geq 0$$

$$u_i + v_k = c_{i,k}, \quad \text{если } x_{i,k} \geq 0$$

$$u_i + v_k \leq c_{i,k}, \quad \text{если } x_{i,k} = 0$$

Возможность применения метода потенциалов в транспортных задачах сохраняется также при наличии часто встречающихся на практике дополнительных условий на элементы отдельных перевозок (клетки), расположенные «на одной линии» (по вертикали или по горизонтали). Если эти дополнительные условия носят характер неравенств, то для превращения их в уравнения строки и столбцы таблицы разбивают на несколько параллельных и, кроме того, должным образом логически расставляют «мега-цены». При этом, правда, может заметно увеличиться размер таблицы и объём работы.

Помимо простоты технической реализации метода потенциалов в методическом отношении полезны непосредственно процедура построения и коррекции планов, а также логика выполнения дополнительных условий.

Ситуация существенно изменяется, если дополнительные условия ставятся на элементы перевозок, расположенные не в одной (вертикальной или горизонтальной) линии, а «по диагонали», например, в виде условия (\*).

Всегда допустимыми перестановками столбцов и/или строк элементы такого условия для удобства можно расположить в позициях  $x_{1,1}$  и  $x_{2,2}$ . Если же эти условия являются неравенствами, то этот факт сразу «закрывает свободу» знаков потенциалов, вводимых в качестве дополнительных, что здесь рассматривать не будем.

Даже, если «диагональное условие» - уравнение типа (\*) и в связи с этим появляется одна дополнительная переменная – потенциал ( $w$ ) с произвольным знаком, то возникают некоторые осложнения при создании начального плана, при нахождении значений потенциалов, а также при дальнейших его коррекциях планов.

Рассмотрим этот подход на примере решения следующей замкнутой транспортной задачи, заданной таблицей 1 мощностей, емкостей и цен:

Таблица 1				
$A_i \setminus B_j$	10	20	30	$v_j$
15	10 <sup>2</sup>	5 <sup>3</sup>	<sup>4</sup>	$v_1$
5	<sup>5</sup>	5 <sup>4</sup> 5 → 2	<sup>3</sup> → (3)	$v_2$
40	<sup>6</sup>	10 <sup>3</sup> 10 → 13	<sup>2</sup> 30 → 27	$v_3$
$u_i$	$u_1$	$u_2$	$u_3$	

с дополнительным условием на диагонали (\*):  $x_{1,1} + x_{2,2} = 12$

I. Прежде всего составляем и заносим в табл. 1 «условный» начальный план в несколько этапов:

а) сначала составим «безусловный» план, например, по минимальным ценам, б) затем для выполнения условия (\*) делаем его коррекцию на 3 ед. по цепочке:  $x_{2,2} - x_{2,3} - x_{3,3} - x_{3,2}$  с занятием дополнительной клетки  $x_{2,3}=3$  (в этом случае количество занятых клеток (6) на единицу меньше числа всех ограничений  $((3+3+1)-1=6)$ ). Суммарная стоимость  $\sum_{i=1,k=1} c_{i,k} * x_{i,k} = 264$

II. Затем обычным образом (отличия в добавлении потенциала  $w$  для условия (\*) в уравнения:  $u_1 + v_1 + w = 2$ ;  $u_2 + v_2 + w = 4$ ; значение  $w$  вычисляем в последнюю очередь) находим значения потенциалов. Проверка на «пустых» клетках требует введения корректирующего плана через клетку (2-1).

III. Составление этого плана в 3 единицы по контуру:  $x_{2,1} - x_{1,1} - x_{2,2} - x_{3,2} - x_{3,3} - x_{2,3} - x_{2,1}$  обязательно с двумя точками по используемым линиям ограничений требует некоторого опыта.

В итоге, получается один из оптимальных (подтверждается проверкой вновь найденных потенциалов) планов суммарной стоимостью:  $\sum_{i=1,k=1} c_{i,k} * x_{i,k} = 139$ , представленный следующей таблицей (крупные цифры в левых частях клеток основной части таблицы 2):

Таблица 2			
	10	20	30
15	10 <sup>2</sup>	5 <sup>3</sup>	<sup>4</sup>
5	<sup>5</sup>	5 <sup>4</sup>	0 <sup>3</sup>
40	<sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	30 <sup>2</sup>

Итак, транспортную задачу с ограничением на диагонали можно решать методом потенциалов.

#### Литература

1. Хемди А. Таха Введение в исследование операций. М. «Вильямс», 2005, 902с.

#### References

2. Hamdy A. Taha Operations research: An introduction, Pearson Education, Inc., 2003

Ахмедов М. А.<sup>1</sup>, Хидиров Ш. Ш.<sup>2</sup>, Хибиев Х. С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>Доктор химических наук, <sup>3</sup>Кандидат химических наук, ФГБОУ ВПО Дагестанский государственный университет, Работа выполнена при поддержке гранта УМНИК №3326ГУ1/2014(0003751)

# ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ОБЕССЕРОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПЕРОКСОСИЛИКАТОМ НАТРИЯ

Аннотация

Инструментальными методами анализа изучен состав углеводородных топлив до и после очистки их пероксосиликатом натрия для извлечения серосоединений из среднестиллятных фракции.

**Ключевые слова:** пероксосиликат натрия, серосоединения, углеводородное топливо, очистка.

Akhmedov M.A.<sup>1</sup>, Khidirov Sh.Sh.<sup>2</sup>, Hibiev H.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>Doctor of Chemical Sciences, <sup>3</sup>Candidate of Chemical Sciences. FGBOU VPO Dagestan State University

## OXIDATIVE DESULFURIZATION OIL OF PEROXY SODIUM SILICATE

Abstract

Instrumental methods of analysis studied the composition of hydrocarbon fuels before and after cleaning them peroxy sodium silicate to extract sulfur compounds from the medium distillate fraction.

**Keywords:** peroxy sodium silicate, sulfur compounds, hydrocarbon fuels, cleaning.

Серосоединений нефти и нефтепродуктов в основном представлены в виде: сероводорода ( $H_2S$ ), меркаптанов ( $RSH$ ,  $R-CH_3$ ,  $-C_2H_5$  и др.), органическими сульфидами ( $RSR$ ), дисульфидами ( $RSSR$ ), а также тиофена, бензотиофена и их производными.

В промышленности широко используют гидрообессерование. Методом гидроочистки (ГО) удаляются сера-, кислород- и азотсодержащие соединения путем перевода их соответственно в  $H_2S$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  [1]. Гидроочистка не позволяет выделить ценные сероорганические соединения, т.к. происходит их разрушение. Существенными недостатками является также дороговизна установок гидроочистки и высокий класс пожарной опасности, вследствие использования водорода.

Перспективным является технология сероочистки, основанной на окислении сульфидов непосредственно в нефтяных фракциях гидропероксидами и пероксидом водорода в присутствии катализаторов или растворителей [2]. Таким образом, токсичные сернистые соединения нефти могут быть превращены в такие ценные химические продукты, как сульфоксиды, сульфоны, сульфокислоты и в другие их производные, которые находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства [3-6].

Способы окисления нефтяных сульфидов как органическими пероксидами, пероксидом водорода, так и кислородом воздуха, имеют общий недостаток – использование кислот в процессе окисления и на стадии выделения сульфоксидов. Это требует больших затрат на очистку целевого продукта и оксидата, утилизацию кислых отходов и защиту оборудования от кислотной коррозии [7].

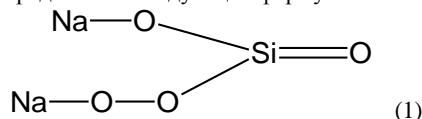
Адсорбционная очистка нефти и нефтепродуктов от серосоединений цеолитами, либо силикатами щелочных и щелочноземельных металлов позволяет снижать содержание серы от 2,5 % масс. до 0,035 % масс. Недостатками метода являются охват узкой области углеводородных газов  $C_1-C_4$  и трудность регенерации сорбентов.

В связи с этим рассматриваемая статья посвящена возможности использования пероксосиликата натрия в качестве сорбента для сероочистки среднестиллятных фракций.

### Экспериментальная часть

В качестве реактивов использовались: пероксосиликат натрия (марка ХЧ), дизельное топливо и дистиллированная вода.

Пероксосиликат натрия ( $Na_2SiO_4$ ) – кристаллическое вещество белого цвета,  $T_{разл} = 60^\circ C$ , относится к классу истинных пероксосоединений, молекулу которого можно представить следующей формулой:



Пероксосиликат натрия получали в соответствии с методикой, приведенной в работах [8, 9].

Для очистки среднестиллятных фракций была собрана лабораторная установка, состоящая из плоскодонной колбы на 250 мл и химической бюретки на 50 мл с помещенным в неё 1,0 г  $Na_2SiO_4$ .

Продукты окисления серосоединений изучали методами сканирующей электронной микроскопии анализатором- EDX «Asprex Psem Express» и элементного анализа рентгеноспектральной флуоресцентной спектрометрии на «Shimadzu EDX-800 HS».

### Обсуждение результатов

Зависимость степени очистки углеводородов среднестиллятных фракций от мольного количества  $Na_2SiO_4$  представлена на рис.1

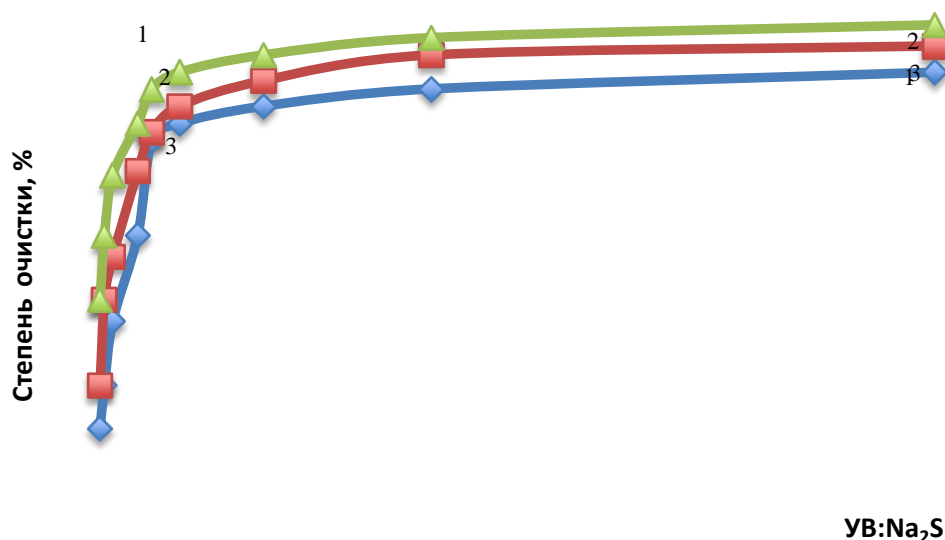


Рис. 1 - Степень очистки дизтоплива (1), керосина (2), бензина (3) в зависимости от соотношения УВ:  $Na_2SiO_4$  (масс. %, %)

На рисунке 6 представлены изображения сканирующего электронного микроскопа, показывающие вид высушенного  $\text{Na}_2\text{SiO}_4$  до момента очистки (рис. 2а) и после очистки при соотношениях  $\text{Na}_2\text{SiO}_4:\text{УВ} = 1:100$  (масс., %) (рис. 2б).

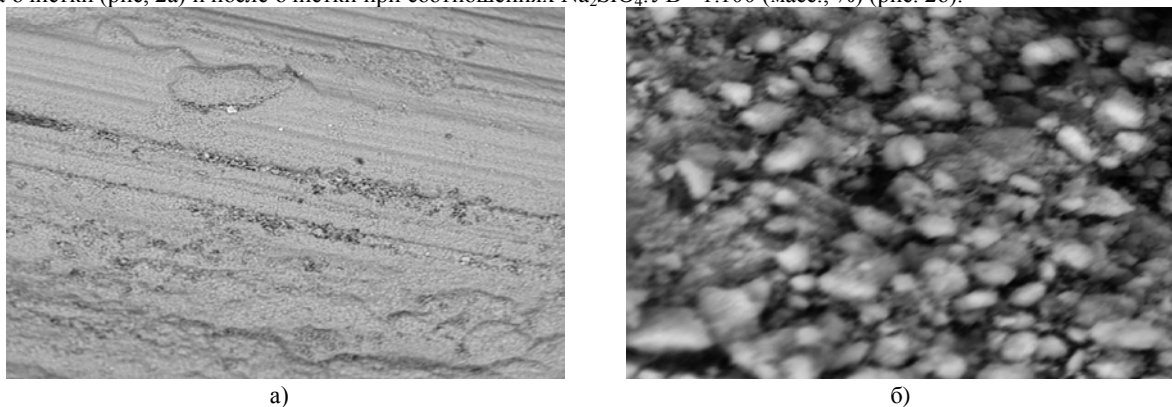


Рис. 2 - Изображения пероксосуликата натрия до (а) и после (б) очистки дизельного топлива, полученные методом сканирующей электронной микроскопии

При максимальном извлечении серо-, кислород- и азотсодержащих веществ пероксосуликата натрия насыщается, образуя сгусток, нерастворимый в нефтепродуктах. В случае дизтоплива насыщение возрастает с увеличением объема очищаемого топлива (рис. 3).

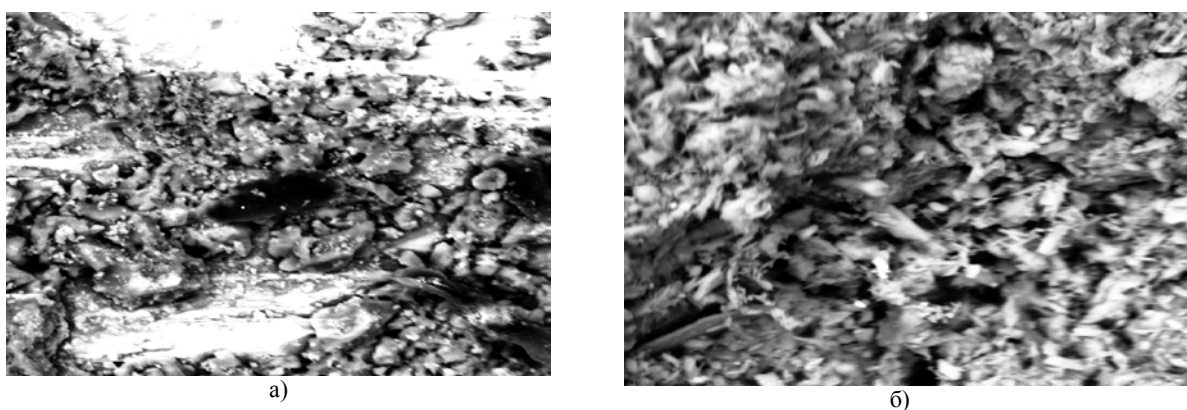


Рис. 3 - Изображения пероксосуликата натрия на сканирующем электронном микроскопе: после очистки в момент насыщения при соотношения  $\text{Na}_2\text{SiO}_4:\text{УВ}$  1:200 (а) и 1:500 (б) (масс., %)

Данные рентгенофлуоресцентного анализа (рис. 4) позволяют подтвердить, что пероксосуликата натрия очищает среднестиллятные фракции нефти от серо-, кислород- и азотсодержащих соединений.

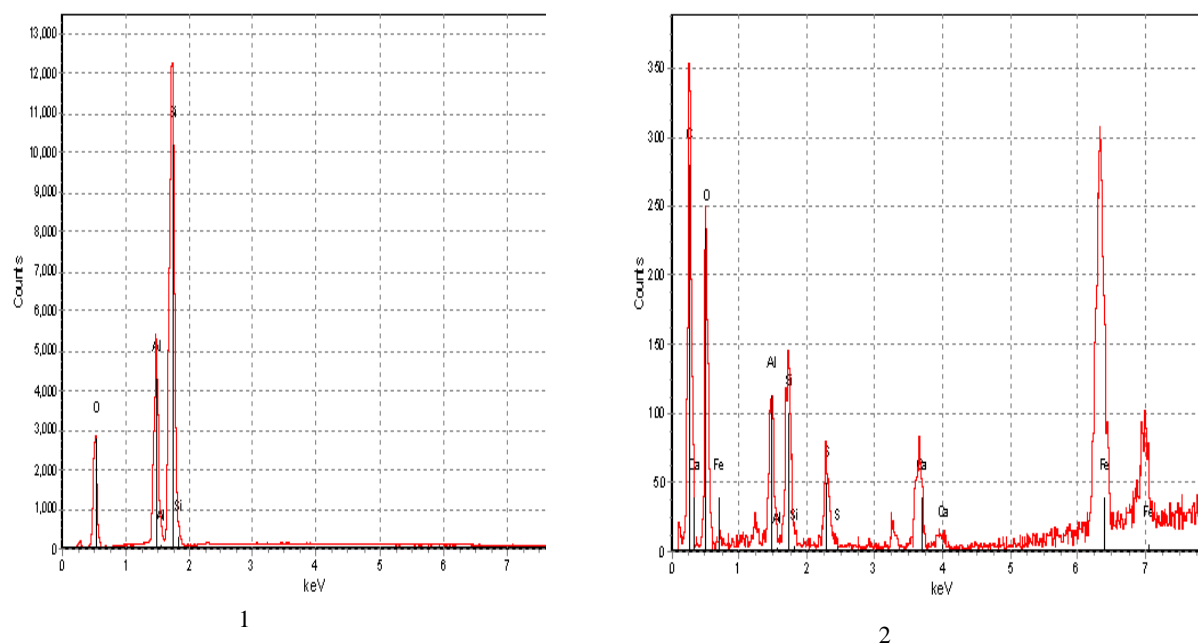


Рис. 4 - Диаграммы элементного состава пероксосуликата натрия до очистки дизельного топлива (1) и после очистки (2)

В таблице №1, что технология окислительной сероочистки нефтепродуктов пероксосуликатом натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_4$ ) не уступает существующим традиционным технологиям.

Таблица 1- Сравнительная характеристика методов сероочистки среднестиллятных фракций

Расход основных материальных ресурсов	Очистка пероксисилакатом	Гидроочистка	Щелочная очистка
Расход реагентов, кг/т	50 кг/т ( в пересчете на $\text{Na}_2\text{SiO}_4$ )	200 $\text{м}^3/\text{м}^3$ (в пересчете на $\text{H}_2$ )	50-60 кг/т (в пересчете на $\text{NaOH}$ )
Критический уровень очистки (класс топлива), % масс.	до 0,001	до 0,0005	до 0,005
Класс топлива получаемы после очистки	Евро 4-5	Евро 4-5	Евро 3-4

Из полученных данных следует, что окислительное обессеривание среднестиллятных фракций пероксисилакатом натрия может служить как отдельным методом сероочистки, так и личным дополнением к процессу его гидроочистки.

#### Литература

1. Солодова Л.Н. Терентьева Н.А. Гидроочистка топлив/ Учебное пособие. Казань: КГТУ. – 2008. – С.5-7, 40-42.
2. Харлампиди Х.Э. Сераорганические соединения нефти, методы выделения и модификации // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6. – №7. – С.42-46.
3. Хидиров Ш.Ш., Ахмедов М.А., Хибиев Х.С., Омарова К.О. Способ получения метансульфокислоты. // Патент RU № 2496772. – от 27.10.2013.
4. Хидиров Ш.Ш., Омарова К.О., Хибиев Х.С., Ахмедов М.А. Использование электрохимической технологии в нефтехимическом синтезе метансульфокислоты // Статья в сборнике докладов VII международная научно-практическая конференция «Научный прогресс на рубеже тысячелетий - 2011». – С. 89-92.
5. Ахмедов М.А., Хидиров Ш.Ш., Хибиев Х.С. Хроматографическое исследование продуктов электроокисления диметилсульфоксида.// Статья в материалах межд. форума по проблемам по проблемам науки, техники и образования. – Москва, 2012. – С. 102-103.
6. Ахмедов М.А., Хидиров Ш.Ш. Определение состава и свойств метансульфокислоты методом вольтамперометрии.// Журнал Структурной химии. – 2014. – Т. 55. – №6. – С.1259-1262
7. Анисимов А. В., Тараканова А. В. Окислительное обессеривание углеводородного сырья//Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. LII. – № 4. – С. 32-40.
8. Хидиров Ш.Ш., Хибиев Х.С., и др. Способ получения пероксисилаката натрия.// .Патент № 2386584 – 20.04.2010
9. Хибиев Х.С., Хидиров Ш.Ш. Получение и физико-химические свойства пероксисилаката натрия.//Вестник ДГУ. – 2012. – №.1. – С.251.

#### References

1. Solodova L.N., Terentyeva N.A. Hydrotreating fuels / Tutorial. Kazan: KSTU. - 2008. - S.5-7, 40-42.
2. Kharlampidi K.E. Organosulfur oil extraction methods and modifications // Soros Educational Journal. - 2000. - T. 6. - №7. - S. 42-46.
3. Khidirov Sh.Sh. Akhmedov M. A., Hibiev H.S. Omarov K.O. A method for producing methanesulfonic acid // Patent RU № 2496772. - from 10.27.2013.
4. Khidirov Sh. Sh., Omarov K.O., Hibiev H.S., Akhmedov M.A. The use of electrochemical technology in petrochemical synthesis methanesulfonic acid // An article in the proceedings of the VII International Scientific Conference practical "Scientific progress on the Millennium - 2011". – Praha. 2011 - S. 89-92.
5. Akhmedov M.A., Khidirov Sh.Sh., Hibiev H.S. Chromatographic study of the products of electrooxidation of dimethyl sulfoxide // Article in the material between. Forum on on science, technology and education. - Moscow, 2012. - S. 102-103.
6. Akhmedov M.A., Khidirov Sh. Sh. Determination of the composition and properties of methanesulfonic acid voltammetry method. // Journal of Structural Chemistry. - 2014. - V. 55. - №6. - S.1259-1262.
7. Anisimov A.V., Tarakanova A.V. Oxidative desulfurization of hydrocarbons // Ros. chem. Well. (J. Roth. Chem. Of the Society them. DI Mendeleev), 2008, T. LII, № 4 – S. 32-40.
8. Khidirov Sh.Sh., Hibiev H.S., etc . A method for producing peroxy sodium silicate // Patent RU № 2386584 - 20.04.2010.
9. Hibiev H.S., Khidirov Sh.Sh. Preparation and physico-chemical properties of peroxy sodium silicate // Bulletin of the DSU, 2012, № 1, - S. 251.

Ширяева Р.Н.<sup>1</sup>, Кудашева Ф.Х.<sup>2</sup>, Шафигуллина Д.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат химических наук, доцент; <sup>2</sup>доктор химических наук, профессор; <sup>3</sup>студент, Башкирский государственный университет

#### ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ ИЗ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕВЕРНЫЕ БУЗАЧИ

#### Аннотация

ИК-спектроскопическим методом изучены структурные группы асфальтенов, выделенных из нефти месторождений Оренбургской области и Северные Бузачи. Определены размеры частиц асфальтенов. Установлено, что асфальтены из Оренбургской нефти более ароматичны и имеют большие размеры.

**Ключевые слова:** нефть, асфальтены, ИК-спектроскопия, лазерная дифрактометрия

Shiryaeva R.N.<sup>1</sup>, Kudasheva F.H.<sup>2</sup>, Shafigullina D.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Candidate of chemical sciences, lecturer; <sup>2</sup>doctor of chemical sciences, Professor; <sup>3</sup>student, Bashkir state University

#### IR-SPECTROSCOPIC RESEARCH OF CHEMICAL STRUCTURE OF ASPHALTENES FROM OIL FIELDS IN THE ORENBURG REGION AND NORTH BUZACHI

#### Abstract

The structural groups of asphaltene isolated from oil fields in the Orenburg region and North Buzachi have been studied by the infrared spectroscopic method. The sizes of the particles of asphaltene were determined. It was found out that asphaltene from Orenburg oil are more aromatic and have a larger size.

**Keywords:** oil, asphaltene, infrared spectroscopy, laser diffractometry.

Известно, что основными структурирующими компонентами в НДС являются асфальтены. Они обладают сложным строением и способны к образованию отложений при добыче, транспортировке и переработке тяжелых нефтей. Для оптимизации добычи

нефти требуется информация об их составе. Важное место в изучении строения нефтей занимает ИК-спектроскопия, которая позволяет судить о химическом составе вещества и получать информацию о структурных группах [1-3].

В данной работе проводилось изучение структурных фрагментов асфальтенов из нефти месторождений Оренбургской области и Северные Бузачи. Характеристики нефтей представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика нефтей

Показатели	Нефть	
	Оренбургская	Северные Бузачи
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	945,9	929,5
Групповой углеводородный состав, % масс.		
Парафино-нафтеновые	39,8	34,4
Ароматические	45,8	48,0
Моноциклические	16,2	16,3
Бициклические	8,8	9,3
Полициклические	20,3	22,4
Смолы бензольные	3,5	4,7
Смолы спиртобензольные	9,6	10,9
Асфальтены	1,8	2,0

Нефть месторождения Северные Бузачи содержит больше ароматических углеводородов и смол, Оренбургская нефть - больше парафино-нафтеновых углеводородов.

ИК-спектры образцов нефти и асфальтенов снимали на спектрометре фирмы «Shimadzu» в диапазоне частот 4000-650 см<sup>-1</sup>.

На рис.1,2 представлены ИК-спектры Оренбургской нефти и выделенных из нее асфальтенов SARA-методом.

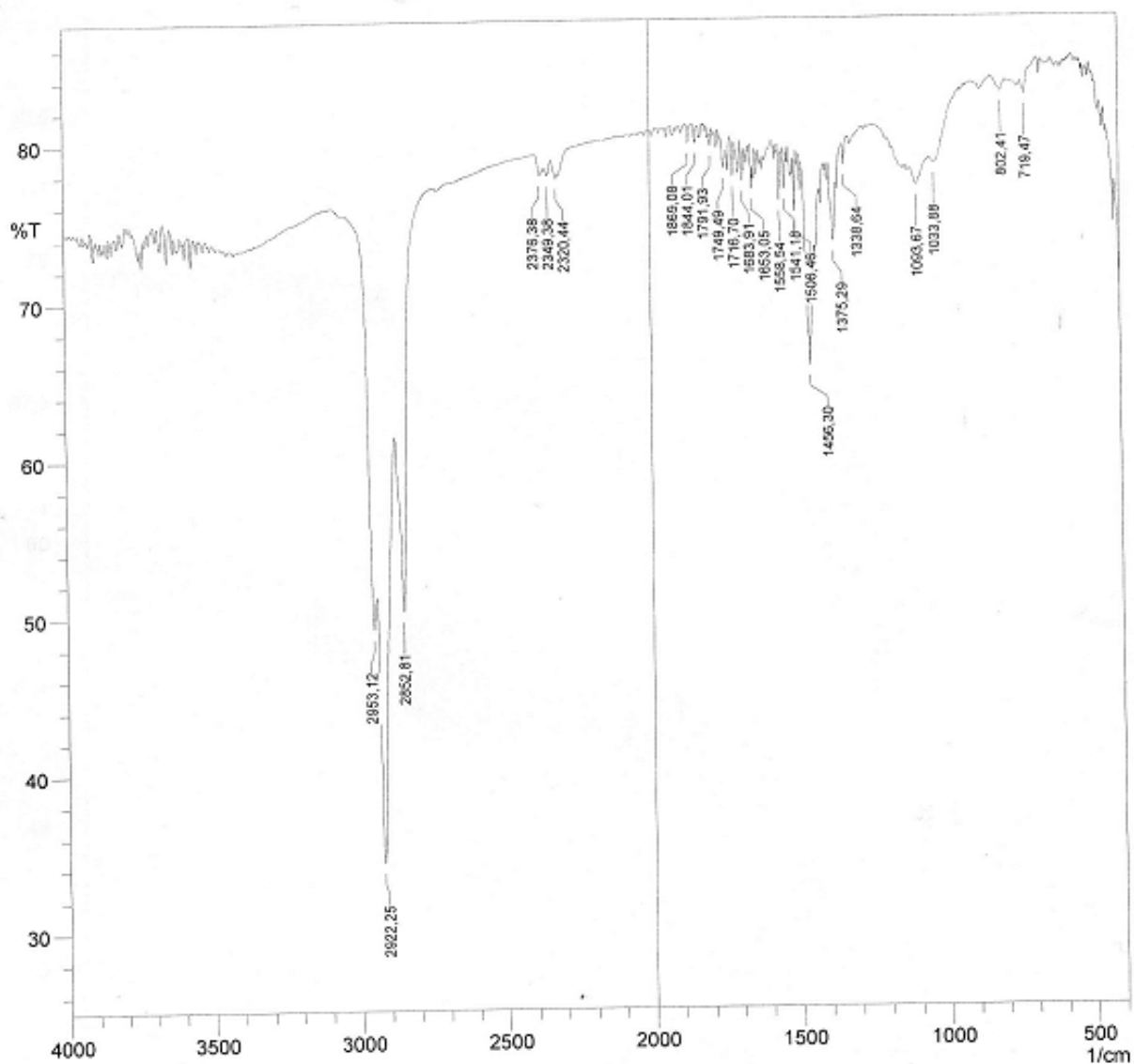


Рис.1. ИК-спектр нефти Оренбургского месторождения

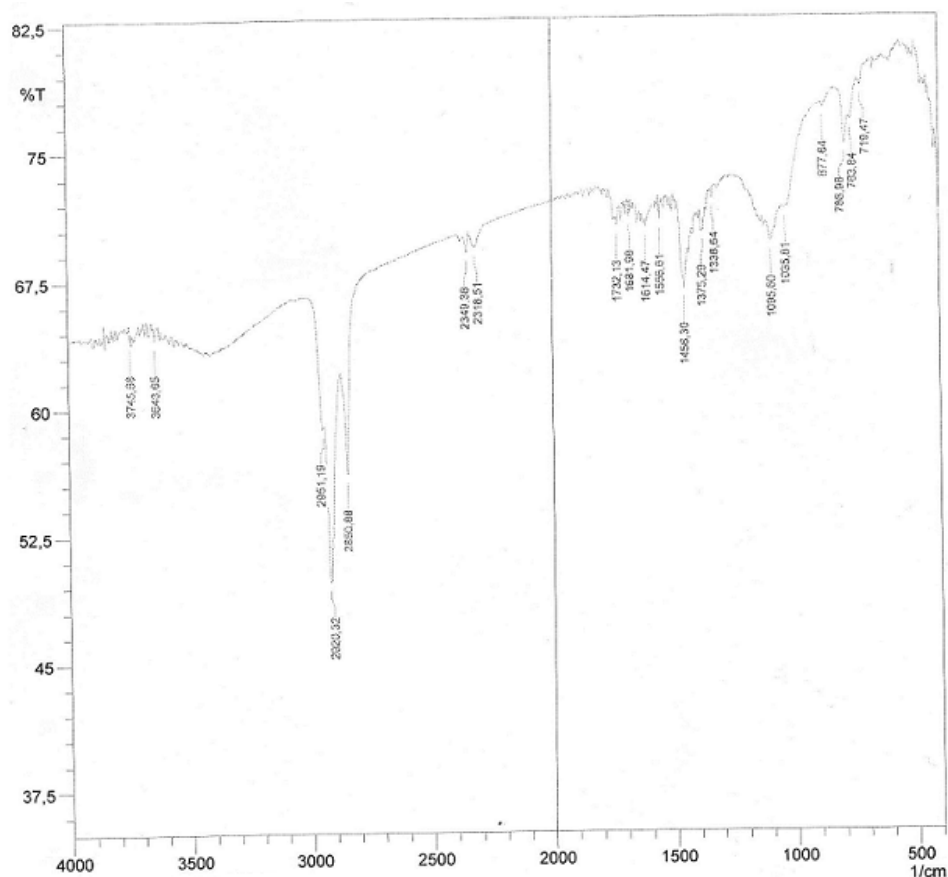


Рис.2. ИК-спектр асфальтенов Оренбургской нефти (SARA)

В высокочастотной области ИК-спектра для нефти наблюдаются наиболее сильные полосы поглощения при 2920 и 2850  $\text{см}^{-1}$ , характеризующие валентные колебания С-Н метильных и метиленовых групп. Интенсивные полосы поглощения при 1460 и 1380  $\text{см}^{-1}$  характерны для деформационных колебаний С-Н связей алкильных групп. В асфальтенах содержится больше ароматических структур и кислородсодержащих групп.

По стандартным методикам рассчитали спектральные коэффициенты ароматичности ( $C_1$ ), окисленности ( $C_2$ ), разветвленности ( $C_3$ ), алифатичности ( $C_4$ ) и осерненности ( $C_5$ ). Значения этих коэффициентов для нефтей и асфальтенов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Спектральные коэффициенты для нефтей и асфальтенов

Образец	Оптическая плотность в максимуме полос поглощения $\nu$ , $\text{см}^{-1}$						Спектральные коэффициенты*				
	1710	1600	1460	1380	1030	720	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
Оренбургская нефть	0,11	0,12	0,18	0,13	0,11	0,09	1,42	0,60	0,73	1,22	0,58
Асфальтены Оренбургской нефти	0,15	0,15	0,18	0,15	0,15	0,10	1,48	0,86	0,87	1,09	0,83
Северные Бузачи	0,15	0,15	0,37	0,26	0,15	0,12	1,25	0,41	0,70	1,85	0,41
Асфальтены Северных Бузачей	0,10	0,14	0,18	0,15	0,13	0,10	1,40	0,78	0,83	1,17	0,72

\*  $C_1 = A_{1600}/A_{720}$  (ароматичности);  $C_2 = A_{1710}/A_{1460}$  (окисленности);  $C_3 = A_{1380}/A_{1460}$  (разветвленности);  $C_4 = A_{720} + A_{1380}/A_{1600}$  (алифатичности);  $C_5 = A_{1030}/A_{1460}$  (осерненности).

Как видно из табл. 2, асфальтены Оренбургской нефти являются более ароматичными, окисленными и менее алифатичными.

Размеры частиц асфальтенов измеряли на лазерном дифрактометре «SALD-7101» фирмы «Shimadzu» при показателе преломления 1,49. На рис.3 представлены кривые распределения размеров частиц асфальтенов Оренбургской нефти при концентрациях  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  г/л. Асфальтены Оренбургской нефти имеют размеры частиц от 90 до 120 мк, асфальтены Северных Бузачей – от 60 до 90 мк.



1. ○  $10^4$  Оренбургская  
 2. ●  $10^3$  Оренбургская  
 3. △  $10^2$  Оренбургская

S Level: 0  
 D Func: None  
 D Shift: 0

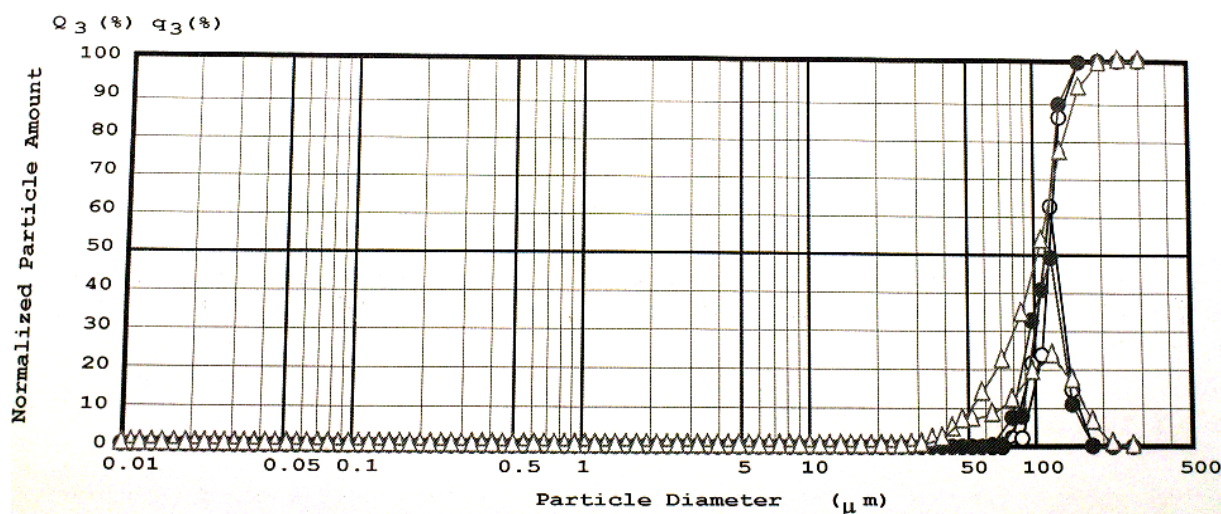


Рис.3. Размеры частиц асфальтенов нефти Оренбургского месторождения

Размеры частиц асфальтенов коррелируют с коллоидной устойчивостью (КУ) нефти к осаждению асфальтенов. Чем больше размеры частиц, тем меньше фазовая устойчивость нефти. КУ для Оренбургской нефти составляет 0,57, для Северных Бузачей – 0,71. Асфальтены Оренбургской нефти более склонны к межмолекулярному взаимодействию и выпадению в отдельную фазу.

Таким образом, полученные с помощью спектральных методов данные о структурных характеристиках асфальтенов могут быть полезными при подборе реагентов для регулирования реологических свойств аномальных нефтей.

#### Литература

1. Ширяева Р.Н., Асадуллина А.С. Исследование структуры асфальтенов спектральными методами // Международный научно-исследовательский журнал. - 2014. - №3 (22). - С. 31-34
2. Ширяева Р.Н., Шафигуллина Д.И., Ханова Г.А. Структурные характеристики асфальтенов из нефти Герасимовского месторождения // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. –Тамбов. 2015. –С. 158-160
3. Охотникова Е.С., Юсупова Т.Н. Надмолекулярная структура асфальтенов и ее влияние на физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем // Материалы Международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка – 2011». – Уфа. 2011. –С. 227.

#### References

1. Shirjaeva R.N., Asadullina A.S. Issledovanie struktury asfal'tenov spektral'nymi metodami // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. - 2014. - №3 (22). -S. 31-34
2. Shirjaeva R.N., Shafigullina D.I., Hanova G.A. Strukturnye harakteristiki asfal'tenov iz nefti Gerasimovskogo mestorozhdenija // Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. –Tambov. 2015. –S. 158-160
3. Ohotnikova E.S., Jusupova T.N. Nadmolekuljarnaja struktura asfal'tenov i ee vlijanie na fiziko-himicheskie svojstva neftjanyh dispersnyh sistem // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Neftegazopererabotka – 2011». –Ufa. 2011. –S. 227.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Аверченко А.П.<sup>1</sup>, Женатов Б.Д.<sup>2</sup>, Астапенко Д.В.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Аспирант, Омский государственный технический университет; <sup>2</sup> Кандидат технических наук, доцент, Омский государственный технический университет; <sup>3</sup> студент, Омский государственный технический университет.

#### СРАВНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ПО КОЛИЧЕСТВУ ОШИБОК

Аннотация

В статье сравниваются средние значения коэффициента ошибочных битов при различных отношениях сигнал/шум цифровых каналов связи построенных на базе преобразование Хартли и преобразование Фурье.

**Ключевые слова:** преобразование Хартли, преобразование Фурье, коэффициент ошибок, отношение сигнал/шум.

Averchenko A.P.<sup>1</sup>, Zhenatov B.D.<sup>2</sup>, Astapenko D.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Postgraduate student, Omsk State Technical University; <sup>2</sup> Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Omsk State Technical University;

<sup>3</sup> student, Omsk State Technical University.

#### COMPARISON HARTLEY TRANSFORM AND FOURIER TRANSFORM IN THE NUMBER OF ERRORS

Abstract

The article compares the average value of the bit error rate at different S / N ratio of digital communication channels constructed on the basis Hartley transform and Fourier transform.

**Keywords:** Hartley transform, Fourier transform, error rate, signal / noise ratio.

Сегодня в функциональных узлах цифровой передачи данных широко используется быстрое преобразование Фурье. Интерес к вариантам на основе быстрого преобразования Хартли появился относительно недавно. Обоснованно это тем, что этот метод долгое время находился под защитой патента. В связи с этим обстоятельством разработка эффективных алгоритмов быстрого преобразования Хартли не велась.

Преобразование Хартли – вещественное преобразование, благодаря чему не требуется выполнять операции с мнимой частью. На передающей стороне модуляция происходит с помощью обратного преобразования Хартли, а на приёмной стороне демодуляция

– с помощью прямого преобразования Хартли. Так как прямое и обратное преобразования Хартли идентичны, это существенно упрощает аппаратную и программную реализацию многоканальной системы связи, по сравнению с преобразованием Фурье.

Реализация классического способа передачи данных с частотным уплотнением посредством прямого и обратного преобразования Фурье (ПФ) сталкивается с рядом трудностей, среди которых особенно стоит отметить вычислительную сложность, если учесть комплексное представление чисел. Несимметричность ПФ относительно мнимой единицы компенсируется выполнением операции перестановки исходных данных, требующей дополнительных вычислительных затрат.

Альтернативным способом передачи информации по каналу связи является способ, основанный на использовании вещественного преобразования Хартли (ПХ).

Главная идея быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ) – вектор делится на части, результаты обработки которых затем сливаются. Разделим общую сумму на две части: первая содержит слагаемые с чётными индексами, вторая – с нечётными. Это равенство даёт способ вычислять  $k$ -й коэффициент ДПФ вектора длины  $N$  через два преобразования длины  $N/2$ , одно из которых применяется к вектору  $a^{чет}$  из координат вида  $a_{2x}$ , а другое – к вектору  $a^{нечет}$  из координат вида  $a_{2x+1}$ .

Общая схема алгоритма состоит в повторяющемся сведении ДПФ вектора длины  $N$  к векторам длины  $N/2$  и объединении результатов. Базисом рекурсии служат векторы длины 1, для которых ДПФ – сам вектор [1].

Преобразование Хартли. Соотношения прямого и обратного преобразования Хартли записываются в виде пары преобразований:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} V(t) \text{cas} 2\pi f t dt, \quad V(t) = \int_{-\infty}^{\infty} H(f) \text{cas} 2\pi f t df$$

где функция *cas* представляет собой сумму косинуса и синуса одного и того же аргумента:

$$\text{cas}(t) = \cos(t) + \sin(t)$$

Как видно алгоритм обработки сигналов идентичен как на передающей стороне, так и на приёмной стороне, что существенно упрощает аппаратную и программную реализацию многоканальной системы связи [2].

ДПФ вектора имеет физический смысл, а именно, если вектор представляет собой дискретизированный сигнал, то ДПФ раскладывает его по частотам. Преобразование Хартли не имеет такой явной интерпретации.

Однако, преобразование Хартли можно превратить в преобразование Фурье за  $N$  сложений и умножений, что быстрее, чем послеобработка в действительные числа.

Поэтому, если исходные данные действительны, то БПХ может быть более эффективным, нежели БПФ. При этом при подстановке представлений коэффициентов Фурье, выраженных через элементы ДПХ, получается весьма удобное для вычислений выражение. Поэтому пересчёта ДПХ в ДПФ иногда можно избежать, и пример такого подхода рассматривается при умножении длинных чисел.

Параллелизм на уровне инструкций процессора также приблизительно одинаковый, поэтому реальная эффективность практически одна и та же. Однако, есть несколько моментов, которые отличаются.

- Код для БПХ проще. Формула обратного преобразования совпадает с формулой для прямого, за исключением множителя  $1/N$ , в то время как при вычислении обратного БПФ приходится вводить дополнительный параметр или делать новую функцию.
- Точность БПХ, как правило, немного выше, чем у БПФ.
- При вычислении БПФ действительного вектора сначала вычисляется “комплексное” БПФ половинной длины, а потом производится послеобработка, которая отсутствует в БПХ.

Это даёт БПХ дополнительное упрощение кода, по сравнению с БПФ и влияет на эффективность при малых длинах векторов. Однако, чем длиннее вектор – тем это влияние слабее [3].

#### Модель на основе преобразования Фурье

На рисунке 1 изображена модель канала связи на основе преобразования Фурье разработанная в среде Simulink.

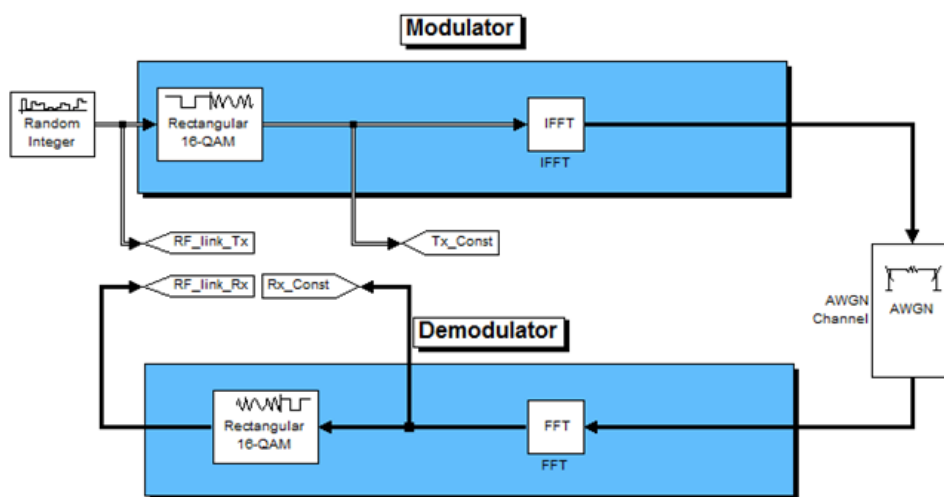


Рис.1 – Модель канала связи на основе преобразования Фурье

Блок Random Integer – генератор псевдослучайных чисел выступает в роли источника сообщений. От источника сообщений данные поступают в модулятор, который состоит из двух блоков. Первый Rectangular 16-QAM – квадратурный модулятор. Модулированный сигнал поступает на блок IFFT – обратного быстрого преобразования Фурье. После преобразования сигнала в модуляторе данные поступают в канал связи на блок AWGN – аддитивный белый гауссовский шум. После канала связи сигнал передаётся в демодулятор, который состоит из двух блоков. Первый блок FFT – быстрого преобразования Фурье. Далее на Rectangular 16-QAM – квадратурный демодулятор.

С входа модулятора и выхода демодулятора через ярлыки RF\_link\_Tx и RF\_link\_Rx, соответственно, данные передаются в блок расчёта коэффициента ошибочных битов.

Результаты анализа модели по коэффициенту ошибочных битов при различных отношениях сигнал/шум приведены в таблице



Таблица 1 – Средние значения коэффициента ошибочных битов при различных отношениях сигнал/шум

SNR, дБ	80	70	60	50	40	30	20	10
BER	0,025	0,528	0,821	0,906	0,924	0,928	0,94	0,951

#### Модель модема на основе преобразования Хартли

На рисунке 2 изображена модель модема на основе преобразования Хартли разработанная в среде Simulink.

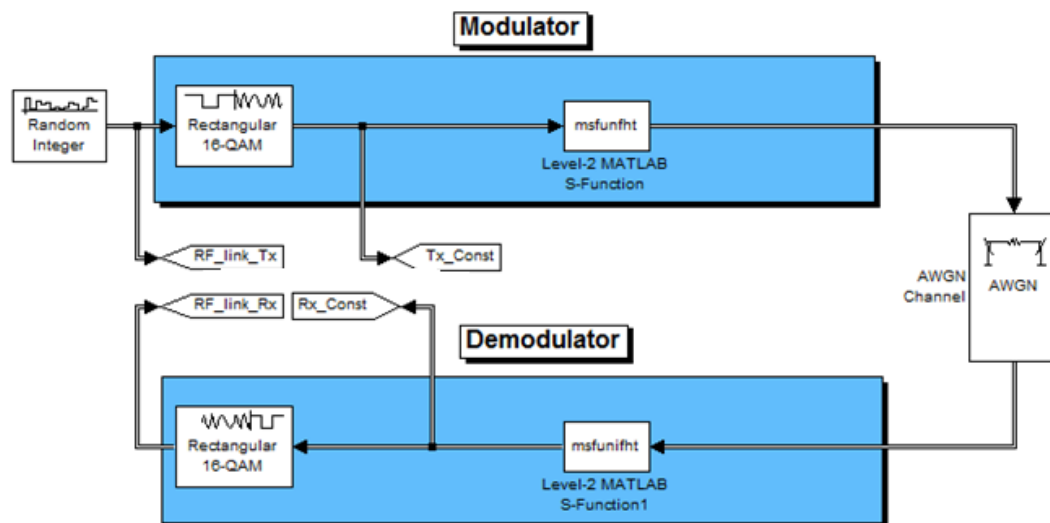


Рис. 2 – Модель модема на основе преобразования Хартли

Модулированный сигнал поступает на блок msfunfht – быстрого преобразования Хартли, которых в схеме два одинаковых в передатчике и приемнике.

Результаты анализа модели по коэффициенту ошибочных битов при различных отношениях сигнал/шум приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние значения коэффициента ошибочных битов при различных отношениях сигнал/шум

SNR, дБ	80	70	60	50	40	30	20	10
BER	0	0	0,005	0,124	0,402	0,812	0,874	0,909

Обобщённые графики зависимостей коэффициента ошибочных битов от отношения сигнал/шум для модемов на основе преобразования Фурье, преобразования Хартли изображены на рисунке 3.

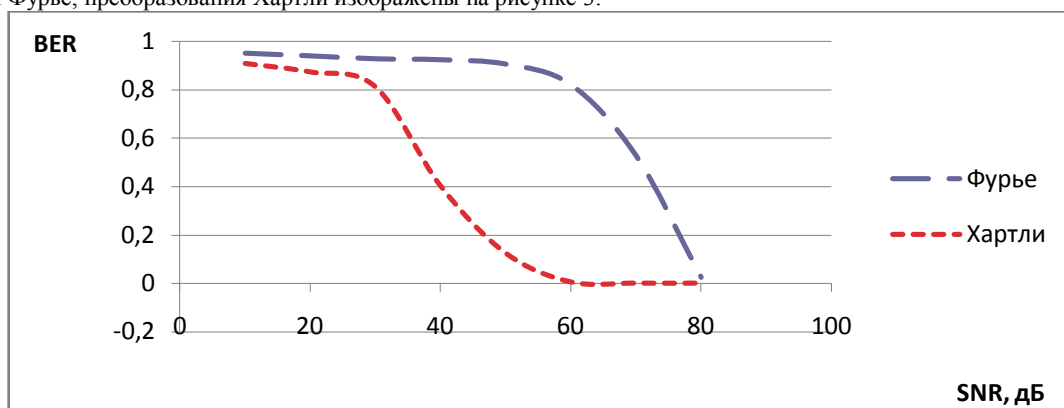


Рис. 3 – Зависимости коэффициента ошибочных битов от отношения сигнал/шум

Выигрыш преобразования Хартли перед преобразованием Фурье по коэффициенту ошибочных битов порядка 25дБ.

#### Литература

1. Брейсуэлл Р. Преобразование Хартли. Теория и приложения: [пер. с англ.] / под ред. И.С. Рыжака. – М.: Мир 1990. – 175 с.
2. Слюсар В.И. Метод неортогональной частотной дискретной модуляции на основе преобразования Хартли с квадратурной амплитудной модуляцией частотных несущих. / В.И. Слюсар, В.Г. Смоляр. // Системы обработки информации. -2008.- вып. № 2, С.102-104.
3. Слюсар В.И. Метод неортогональной частотной дискретной модуляции для узкополосных каналов связи. / В.И.Слюсар, В.Г.Смоляр. // Радиоэлектроника. -2004.- вып. №4, С.: 53-59.

#### References

1. Brejsujell R. Preobrazovanie Hartli. Teorija i prilozhenija: [per. s angl.] / pod red. I.S. Ryzhaka. – М.: Mir 1990. – 175 s.
2. Sljusar V.I. Metod neortogonal'noj chastotnoj diskretnoj moduljacji na osnove preobrazovanija Hartli s kvadraturnoj amplitudnoj moduljaciej chastotnyh nesushhih. / V.I. Sljusar, V.G. Smoljar. // Sistemy obrabotki informacii. -2008.- vyp. № 2, S.102-104.
3. Sljusar V.I. Metod neortogonal'noj chastotnoj diskretnoj moduljacji dlja uzkopolosnyh kanalov svjazi. / V.I.Sljusar, V.G.Smoljar. // Radiojelektronika. -2004.- vyp. №4, S.: 53-59.

Анищенко С.С.  
Аспирант, Омский государственный технический университет  
**ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ, НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО СТАНКА С  
ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

**Аннотация**

*В статье рассмотрено – влияние величины партии деталей на эффективность работы станка с ЧПУ. Рассмотрен пример изготовления одинаковой номенклатуры деталей на программном и универсальном станках. Подробно описаны полученные результаты.*

**Ключевые слова:** партия деталей, металлорежущий станок с ЧПУ, норма-час.

**Anischenko SS**

Postgraduate, Omsk State Technical University

**THE INFLUENCE OF THE SIZE OF THE PARTY DETAILS, ON THE PERFORMANCE OF THE SOFTWARE OF THE  
MACHINE WITH CNC**

**Abstract**

*In the article - the effect of the party details on the performance of the CNC machine. An example of manufacturing the same range of parts at the program and a universal machine. Described in detail the results.*

**Keywords:** part details, cutting machine CNC, labor-hour.

В современном производстве большое применение находят программные станки с числовым программным управлением. Токарно-фрезерный станок применяется в любой сфере промышленности, где необходимо обработка металла, дерева, камня и т.п. Фрезерный станок с ЧПУ применим на любых предприятиях, где нужно обработать детали и придать им требуемую форму. Благодаря данному оборудованию производится раскрой материала, нарезка внутренней и внешней резьбы на изделиях, обработка профилей. Фрезерный станок с ЧПУ – высокотехнологичное оборудование, оснащенное автоматизированной системой управления.

Данные станки обладают следующими преимуществами в отличие от обычных с управлением вручную:

- комфортное управление процессом
- большая производительность (сокращение процесса производства в два раза)
- многофункциональность
- обработка разных материалов на одном станке

Управление процессом изготовления деталей на фрезерном станке по металлу может осуществляться в двух пространствах: двухмерном и трехмерном. Станки в трехмерном пространстве могут применяться в отраслях, требующих высокой точности деталей, таких как самолетостроение и ракетно-космической отрасли.

Устройство фрезерных станков с ЧПУ не существенно отличается от тех же станков, не оборудованных данной системой. Станки с ЧПУ помимо этого имеют различие в положении шпинделя (горизонтально/вертикально), а также количество координатных перемещений фрезерной бабки/стола (при учете показателей мощности оборудования). Метод крепления инструментов в шпиндель производится как автоматически, так и ручным способом.

Данные станки снабжаются двигателями с разной мощностью, исходя из конкретных требований заказчиков, позволяющих получать оптимальное соотношение качества производимых деталей и количеством электроэнергии.

Токарные станки с ЧПУ служат для обработки внутренних и внешних деталей и заготовок. На данном оборудовании осуществляются следующие процессы: сверление, растачивание, точение, торцевание, отрезание; на токарных обрабатывающих центрах (токарно-фрезерных станках с ЧПУ) - гравирование, фрезерование, маркировка.

Отличие токарных станков с ЧПУ от обычных с ручным управлением заключается в том, что движения основных частей в этих станках осуществляет электроника – система двигателей и приводов и программное управление. Оборудование снабжено револьверными головками с функцией смены инструмента, которые, в свою очередь, оборудуются осью С и механизмом приводов инструмента, в результате чего они становятся токарными обрабатывающими центрами с ЧПУ, на которых производится гравирование, фрезерование и т.п.

Следует отметить, что автоматизация процесса работы на токарных станках с ЧПУ дает возможность более точному определению времени обработки конкретной партии заготовок и следовательно, максимально полно эксплуатировать токарное оборудование.

Однако их высокая производительность может быстро окупить все затраты, при соблюдении разумной эксплуатации и необходимых объемах производства [1].

После покупки станка с ЧПУ убедитесь не только в количественном росте выпускаемой продукции, но и в улучшении показателей её качества. Станок с ЧПУ повысит производительность труда на вашем предприятии, снизит затраты по многим статьям. Возрастет эффективность производства и прибыль, увеличится рентабельность. Поставляемые нами станки с ЧПУ надежны и неустанно трудятся при максимальных производственных нагрузках не одно десятилетие, не требуя замены [2].

Необходимо отметить, что все вышеуказанные достоинства нивелируются, при недостаточной партионности деталей [3].

Влияние размера партии деталей на работу программного станка с ЧПУ. Рассматривается на примере станка с ЧПУ Nef-400 [4] и универсального токарного станка 16к20. Рассмотрена реальная номенклатура цеха. Принимается, что рабочая смена составляет 10 часов.

Таблица 1 - Трудоемкость изготовления деталей

Трудоемкость изготовления деталей на станке 16к20	Трудоемкость изготовления деталей на станке Nef-400
Деталь 1 = 0,33 н.ч	Деталь 1 = 0,046 н.ч + 2,8 ПЗ
Деталь 2 = 0,25 н.ч	Деталь 2 = 0,023 н.ч + 2,4 ПЗ
Деталь 3 = 0,167 н.ч	Деталь 3 = 0,028 н.ч + 1,2 ПЗ
Деталь 4 = 0,083 н.ч	Деталь 4 = 0,117 н.ч + 1 ПЗ
Деталь 5 = 0,417 н.ч	Деталь 5 = 0,1 н.ч + 2,8 ПЗ
Деталь 6 = 0,5 н.ч	Деталь 6 = 0,068 н.ч + 1,7 ПЗ

Таблица 2 – Размер партии деталей

Наименование детали	Количество (в штуках)
Деталь 1	20
Деталь 2	20
Деталь 3	10
Деталь 4	10
Деталь 5	20
Деталь 6	50

Для того чтобы выполнить всю заданную номенклатуру станок Nef -400 тратит 2 полные смены по 10 часов и 2 часа с 3-й смены. Машинное время работы станка за это время составляет 25%.

Для выполнения того же объема работы на станке 16к20 тратится 5,5 смен. Необходимо отметить, что время изготовления пяти первых партий деталей примерно одинаковое, на двух станках. Основное время программный станок выиграл, во время изготовления последней партии деталей.

Вывод: доказано, что чем больше партия деталей, тем производительнее работает программный станок, и наоборот, чем меньше партия деталей, тем более неэффективна работа программного станка.

#### Литература

1. Фрезерный станок с чпу и токарные станки с чпу — плюсы и недостатки [Электронный ресурс] URL: [http://www.promtrader.ru/public/prom-oborudovanie/frezernyi\\_i\\_tokarnyi\\_stanki\\_s\\_chpu.html](http://www.promtrader.ru/public/prom-oborudovanie/frezernyi_i_tokarnyi_stanki_s_chpu.html) (дата обращения 23.03.2015).
2. Станки с ЧПУ [Электронный ресурс] URL: <http://www.weili.ru/catalog/stanki-s-chpu/> (дата обращения 12.03.2015).
3. Как определить размер партии в производстве [Электронный ресурс] URL: <http://www.erpskrsk.ru/content/batch.pdf> (дата обращения 22.03.2015).
4. Станки DMG Mori Seiki [Электронный ресурс] URL: <http://sibsapr.ru/equipment/4/14/87/> (дата обращения 22.03.2015).

#### References

1. CNC milling machine and CNC lathes - pros and cons [Elektronnyj resurs] URL: [http://www.promtrader.ru/public/prom-oborudovanie/frezernyi\\_i\\_tokarnyi\\_stanki\\_s\\_chpu.html](http://www.promtrader.ru/public/prom-oborudovanie/frezernyi_i_tokarnyi_stanki_s_chpu.html) (date accessed 03/23/2015).
2. CNC [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.weili.ru/catalog/stanki-s-chpu/> (date accessed 12/03/2015).
3. How to determine the size of the party in the production of [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.erpskrsk.ru/content/batch.pdf> (date accessed 22/03/2015).
4. Machines DMG Mori Seiki [Elektronnyj resurs] URL: <http://sibsapr.ru/equipment/4/14/87/> (date accessed 03/22/2015).

Балашов А.С.<sup>1</sup>, Ладанов В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Курсант, <sup>2</sup>Доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

#### К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ БРОНЕЗАЩЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ГАЗ-5903

#### Аннотация

*В статье описываются вопросы усовершенствования броне-защитности транспортного средства специального назначения, поста-вляемой для оснащения силовых структур МВД России, за счет приме-нения энергопоглощающих элементов.*

**Ключевые слова:** транспортное средство специального назначения, бронезащищенность, энергопоглощающий элемент.

Balashov A.S.<sup>1</sup>, Ladanov V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kursant, <sup>2</sup>Dotsent, Perm Military Institute of Internal Troops Russian Interior Ministry

#### CONSIDERATION OF MAXIMIZING BRONEZASCHENNOSTI SPECIALTY VEHICLES APPOINTMENTS GAZ-5903

#### Abstract

*This article describes the issues of improvement bronezaschennosti special purpose vehicle that came to equip law enforcement agencies MVD of Russia, due to the use of energy absorbing elements.*

**Keywords:** special purpose vehicle, bronezaschischennost, energy-absorbing element.

В современных условиях потребность в осособащищенных тран-спортных средствах специального назначения (ТССН) вновь выходит на передний план. Локальные войны и конфликты в разных уголках мира, и особенно «гражданская война» на территории Украины, убеждают: ТССН при действии войск среди враждебно настроенного населения, в условиях постоянной угрозы террористических атак с применением различного оружия, а также в ходе выполнения служебно-боевых задач должны иметь достаточно мощную бронезащищенность от воздействия разнообразных средств поражения. Анализ зарубежных и отечественных публикаций показывает, что основным способом обеспечения живучести ТССН при боевом применении является комплекс проведения работ по дополнительной защите бронированных корпусов боевых машин, базовых автомобильных шасси и их экипажей, а также перевозимого десанта от воздействия обычных средств поражения, что свидетельствует об актуальности данного вопроса. Производителями техники военного назначения ведётся такая работа в интересах заказчиков (МО РФ, МВД РФ, ФПС и т.д.) с учетом результатов новейших исследований и разработок по нескольким направлениям. Первым направлением такой деятельности выбрано создание в составе унифицированных семейств ТССН модификаций колесных и гусеничных машин со специальными бронированными кабинами, броневыми экранами для жизненно важных элементов машин. Вторым направлением является создание защиты, устанавливаемых на ТССН, выполненных в незащищенном семейств ТССН с панельно-каркасными кабинами улучшенной несущей способности, предусматривающими возможность установки на них в случае необходимости элементов локальной защиты экипажей, перевозимого личного состава и наиболее ответственных элементов конструкции. Третье направление - создание дополнительных элементов локальной защиты серийного варианте. Такие элементы защиты могут использоваться в период выполнения служебно-боевых задач, после чего они имеют возможность демонтажа. Съемная локальная броневая защита, как показывают результаты проводимых исследований позволяет снизить потери водителей, экипажей и перевозимого личного состава до 25-40 %, те же примерные результаты показывает анализ боевого опыта [2,3] использования ТССН в «горячих точках». Проблемы повышения живучести и бронезащитности ТССН решаются, кроме того, путем создания и применения боестойких шин и закрытия их броневыми панелями.

Транспортное средство специального назначения ГАЗ-5903 является основной бронированной колесной машиной, предназначенной перевозки личного состава и ее огневой поддержки при выполнении служебно-боевых задач в различных условиях силовыми структурами МВД России. Краткий анализ бронирования показывает, что при толщине бронирования передней лобовой проекции корпуса 10-12 мм, боковой и кормовой проекции корпуса от 6 до 8 мм, защита осуществляется только от воздействия пуль стрелкового оружия, оставляя практически незащищенным от различных противотанковых средств[2]. Что же происходит бронезащищенностью на «практике» у потенциальной противоборствующей стороны. Оказывается что зарубежные военные машины «болеют теми же болезнями», как и отечественная техника, с которой наша военная техника постоянно соревнуется. Возможные примеры способов улучшения бронезащитности зарубежных ТССН по опыту боевых действий стран НАТО в Ираке показаны на рисунках 1а,б,в [5].

Для повышения бронезащитности ГАЗ-5903 предлагается применить энергопоглощающие элементы (ЭПЭ), представляющие собой метал-лический контейнер размерами длиной 250 мм, шириной 200 мм и высотой 50-200 мм с наполнителем из композиционных материалов. Композиционные материалы, это как правило, линейка конструкционных материалов, основу которых составляют упрочняющие элементы в виде волокон, нитей или дисперсионных частиц. В данных материалах использован

эффект индивидуальных свойств элементов композиции. В качестве широко известного примера композиционных материалов представляются железобетон, пластики, армированные углеродными, борными, стеклянными волокнами или тканями на их основе. Комбинируя различными вариантами объемного содержания составляющих компонентов, представляется возможным получать композиционные материалы с необходимыми механическими характеристиками.



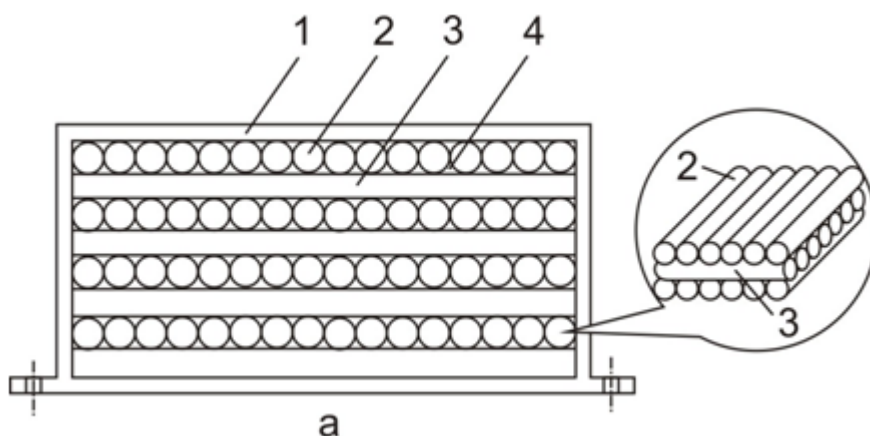
Рис. 1 – Варианты способов повышения бронезащитности ТССН

Для данного метода применения в качестве неметаллических материалов, используемых для изготовления энергопоглощающего элемента для дополнительного бронирования основного корпуса ТССН ГАЗ-5903, интерес представляют стеклопластики - материалы, в которых в качестве наполнителя используется стеклянные волокна в виде стрежней диаметром 6-8-10 мм. Плотность стеклопластиков примерно в 4 - 4,5 раза меньше плотности стали, но по прочности они не уступают броневым маркам стали. Главной характерной особенностью стеклянных волокон является их ярко выраженная анизотропность (неоднородность физических свойств в различных направлениях внутри материала). Данное свойство обуславливает значительное и резкое изменение их стойкости при воздействии кинетических боеприпасов и кумулятивной струи под большими углами к цилиндрической поверхности [1,3,4,5].

Предлагаемые энергопоглощающие элементы дополнительного бронирования устанавливаются на ТССН ГАЗ - 5903 в количестве 12 штук в носовой части броневой корпуса, по 38 штук по бортам и 10 штук в кормовой части машины. Целями данного способа усовершенствования бронезащитности является: обеспечение надежной защиты корпуса машины, экипажа и десанта от воздействия поражающих элементов обычного и крупнокалиберного стрелкового оружия; создание броневой преграды с широким диапазоном степени защищенности из простейших, широко распространенных и недорогих материалов отечественного производства; создание технологической штампованно-сварной конструкции преграды легко трансформируемой и быстроремонтируемой в пакеты с промежуточными преградами; обеспечение высокой ремонтопригодности броневой преграды; повышение боевых характеристик машины в целом.

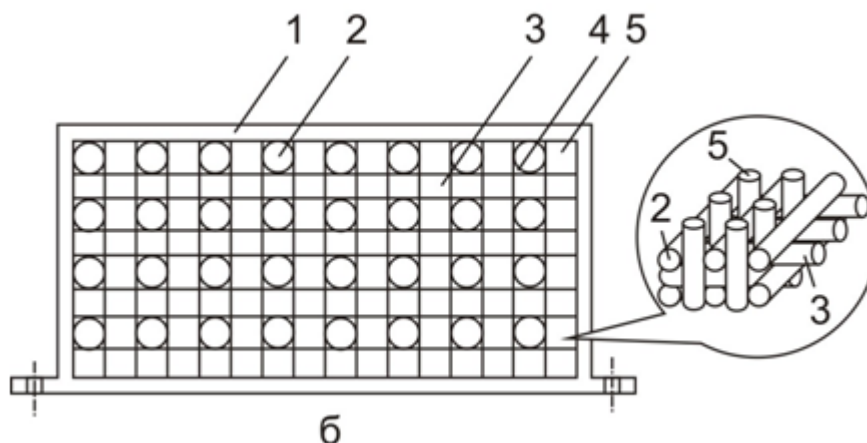
Предлагаемый для повышения уровня бронезащиты ТССН энергопоглощающий элемент (ЭПЭ), представляет собой металлический контейнер размерами длиной 250 мм, шириной 200 мм и высотой 50-75-100-150-200-250 мм с наполнителем из композиционного материала. Общий вид ЭПЭ в двух вариантах исполнения показан на рисунке 2. Композиционные материалы представляются линейкой различных конструкционных материалов, основу которых составляют упрочняющие элементы в виде волокон, нитей или дисперсионных частиц. В качестве основного свойства в данных материалах используется суммарный эффект индивидуальных свойств элементов композиции. В качестве широко известного примера композиционных материалов можно привести железобетонные и пластиковые изделия, армированные углеродными, борными, стеклянными волокнами или тканями на их основе. Комбинируя различными вариантами объемного содержания составляющих компонентов, представляется возможным получать композиционные материалы с необходимыми механическими и специальными характеристиками.

В качестве неметаллического материала, используемого для изготовления предлагаемого энергопоглощающего элемента для дополнительного бронирования броневых корпусов ТССН, представлен стеклопластиком - материалом, в которых в качестве наполнителя используется стеклянные волокна в виде стрежней диаметром 6-8-10 мм. Композиционная решетка, в двух вариантах исполнения, как показано на выносах рисунка 2а и 2б, в корпусе заполняется быстротвердеющими герметиками (клеем) на основе фенолальдегидных смол. Плотность таких стеклопластиков примерно в 4 - 4,5 раза меньше плотности стали, но по прочности они не уступают броневым маркам стали. Главной характерной особенностью стеклянных волокон является их ярко выраженная анизотропность (неоднородность физических свойств в различных направлениях внутри материала). Данное свойство обуславливает значительное и резкое изменение их стойкости при воздействии кинетических боеприпасов и кумулятивной струи под большими углами к цилиндрической поверхности [1,3,4].



1 - корпус ЭПЭ; 2 – стержень поперечного расположения; 3 – стержень продольного расположения; 4 – наполнитель; 5 – стержень вертикального расположения;

Рис. 2 а – Общий вид энергопоглощающего элемента (вариант 2-х плоскостной решетки)



1 – корпус ЭПЭ; 2 – стержень поперечного расположения; 3 – стержень продольного расположения; 4 – наполнитель; 5 – стержень вертикального расположения;

Рис. 2 б – Общий вид энергопоглощающего элемента (вариант 3-х плоскостной решетки)

Снижение эффективности кинетических и кумулятивных боеприпасов происходит по нескольким причинам. Во-первых, преодоление первой преграды кинетическим снарядом (пулей) может вызвать его разрушение или, по крайней мере, частичное срабатывание. При этом по основной броне преграды будут воздействовать оставшаяся часть сердечника и осколки ЭПЭ. Во-вторых, при воздействии снаряда (пули) в ЭПЭ происходит изменение взаимного углового положения цилиндрических стержней композиционной решетки. В результате, если снаряд (пуля) пробил первый слой преграды и не разрушился, со вторым или последующим слоем преграды он будет взаимодействовать уже в других условиях, то есть при других скорости и угле встречи.

Промежуток между слоями композиционной решетки может быть заполнен герметиком и клеем на основе эпоксидной смолы с отвердителем. При этом разнесенном расположении ЭПЭ и основной брони корпуса ТССН бронезащита превращается в комбинированную. Такая броня обладает также и повышенной противокумулятивной стойкостью. Глубина проникания  $b$  кумулятивной струи определяется по формуле [1]

$$b = l_0 \sqrt{\sigma_{tc} / \sigma_{tn}},$$

где  $l_0$  – эффективная длина струи, зависящая от длины облицовки заряда (от калибра боеприпаса и угла при вершине конуса кумулятивной выемки);  $\sigma_{tc}$  – предел текучести под нагрузкой материала облицовки кумулятивной выемки;  $\sigma_{tn}$  – предел текучести под нагрузкой материала преграды.

Это значит, что при заданной массе преграды можно получить лучшую защиту, если использовать материал с различным пределом текучести под нагрузкой. Например, глубина проникания кумулятивной струи, имеющей эффективную длину  $l_0 = 200$  мм (материал облицовки кумулятивной гранаты РПГ-7 – медь с текучестью под нагрузкой  $\sigma_{tc} = 380$  МПа), в преграду из стеклопластика ( $\sigma_{tn} = 12000$  МПа) составит  $b = 200 \sqrt{380/1200} = 111,2$  мм, а в броневую сталь глубина проникания составляет примерно 168,3 мм, т.е. у стеклопластикового композитного ЭПЭ эффективность выше на 51 процентов. В то же время такой ЭПЭ исходя из плотности материалов, несмотря на большую толщину, будет в  $(213,6 \cdot 7,8) : (370 \cdot 2,6) = 1,73$  раза легче.

Важным обстоятельством является также то, что некоторые сравнительно легкие материалы (стеклопластик, керамика и другие) в силу специфических физических свойств обладают повышенной струегасящей способностью [4].

Предварительные натурные испытания в соответствии с правилами ГОСТ Р 50963-96, стрельбой из гранатомета по бронированному корпусу ТССН ГАЗ-5903 с размещенными на ней энергопоглощающими элементами толщиной 200 мм показали практическое исключение пробития лобовой брони корпуса при углах встречи  $60^\circ$ , повышение вероятности штатного срабатывания гранаты до основной брони в кормовой и бортовых частях, а следовательно и непробития брони путем отклонения кумулятивной струи за счет гидродинамического эффекта в структуре композиции. Применением ЭПЭ толщиной 150 мм на ТССН значительно повышается противопожарная стойкость, обеспечивая защиту верхнего пояса борта корпуса от пуль Б-32 калибра 12,7 с дальности 325 м (без экранов  $D_{пкп}$  составляет 1500 м), что соответствует 6а классу ГОСТ Р 50744-95, ГОСТ Р 50963-96. Таким образом, предлагаемый способ повышения бронезащищенности ТССН ГАЗ-5903 может быть актуальным и высокоэффективным в современных условиях.

#### Литература

1. Бронетанковая техника: Учебник. - М.: Изд-во Военной академии бронетанковых войск, 1989. – 420 с. ил.
2. Бронетранспортер БТР-80. Техническое описание. ГАЗ-5903-0000010 ТО. Изд. 3-е, 2010. – 377 с.
3. Защита танков. Научное издание/Под ред. В.А. Григоряна. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 326 с.
4. И.А. Балаганский, Л.А. Мерзиевский. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. - Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2004. - 408 с.
5. M. Held, "Active Protection Against KE-Rounds and Shaped Charges at Short Distances" ("Активная защита от снарядов кинетического действия и кумулятивных зарядов на малых дальностях"), 19<sup>th</sup> International Symposium on Ballistics, Interlaken, Switzerland, 55-56, 2011.

#### References

1. Armoured vehicles: Uchebnik. - M.: Publishing House of the Military Academy of Armored Forces, 1989. - 420 p.: Ill.
2. The BTR-80. Technical description. GAS-TO 5903-0000010. Ed. 3rd, 2010. - 377 p.
3. Protection of tanks. Scientific publication / Under red. V.A. Grigoryan. - M.: The edition ment MSTU Bauman, 2007. - 326 p.
4. IA Balaganskii, L.A. Merzhievsky. Action weapons and ammunition: Uchebnik. - Novosibirsk: Publishing House NGTU. - 2004. - 408 p.
5. M. Held, "Active Protection Against KE-Rounds and Shaped Charges at Short Distances", 19<sup>th</sup> International Symposium on Ballistics, Interlaken, Switzerland, 55-56, 2011.



Вергазов И.Р.<sup>1</sup>, Петрин В.А.<sup>2</sup>, Тареева Ю.А.<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Соискатель, <sup>2</sup>соискатель, <sup>3</sup>аспирант, Пензенский государственный университет  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ  
 ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА**

**Аннотация**

*Проанализирована электрическая схема датчика давления с частотным выходным сигналом. Представлены результаты моделирования, показывающие снижение температурной погрешности датчика для данной схемы.*

**Ключевые слова:** тензорезистивный датчик давления, интегрирующий преобразователь, температурная погрешность.

Vergazov I.R.<sup>1</sup>, Petrin V.A.<sup>2</sup>, Tareeva Yu. A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Applicant, <sup>2</sup>applicant, <sup>3</sup>post-graduate student,  
 Penza State University

**USING FREQUENCY CONVERSION FOR DECREASE OF STRAIN GAUGE SENSOR ERROR**

**Abstract**

*The electric circuit of pressure sensor with frequency output signal is analyzed. The simulation results showing a decreasing of temperature error for this circuit are shown.*

**Keywords:** strain gauge pressure sensor, integrating converters, temperature error.

Современные информационно-измерительные системы выдвигают повышенные требования к применяемым для их построения датчикам с точки зрения повышения метрологических и эксплуатационных характеристик, таких, как точность, надежность и стабильность [1 - 3].

Перспективным направлением для создания современных датчиков давлений является использование принципа частотного преобразования параметров резистивных чувствительных элементов (ЧЭ) с использованием метода интегрирующего развертывающего преобразования [4]. Достоинствами таких преобразователей являются широкие функциональные возможности, помехоустойчивость, относительная простота реализации и настройки схем, технологичность [4].

Одним из недостатков полупроводниковых резистивных ЧЭ является значительная температурная погрешность, уменьшение которой возможно путём применения различных топологических и конструктивно-технологических решений, введения в измерительную схему дополнительных компенсирующих терморезистивных элементов и т. п., так и вторичных преобразователей сигналов с первичных датчиков в удобные для передачи, хранения и обработки информации частотно-временные сигналы [1 - 3, 4, 5 - 8]. Во вторичных преобразователях, как правило, это удаётся осуществить за счёт схемотехнических решений [9, 10].

Примером для рассмотрения может служить устройство [11] для измерения давления на основе нано- и микроэлектромеханической системы с частотным выходным сигналом, представленная на рисунке 1.

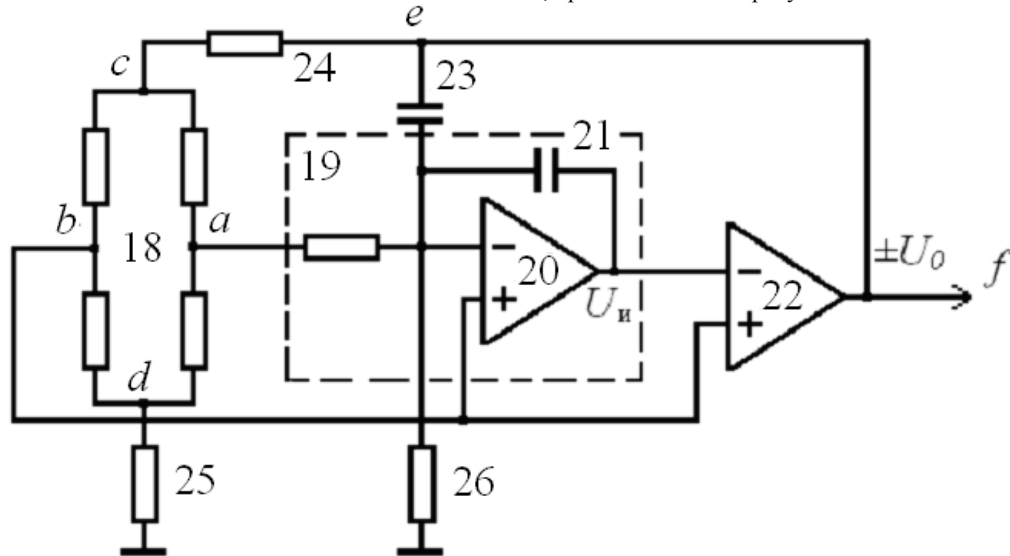


Рис. 1 - Функциональная схема устройства для измерения давления

Она включает тензомост датчика давления и частотный преобразователь сигнала с выхода тензомоста датчика.

Частотный преобразователь сигнала с выхода тензомоста 18 датчика давления содержит интегратор 19 (рисунок 1), выполненный на операционном усилителе 20 и компаратор – на операционном усилителе 22, а также конденсаторы 21 и 23 в цепи отрицательной обратной связи и резисторы 24, 25 и 26. При этом резисторы 24 и 25 выполнены из того же материала, что и тензорезисторы тензомоста 18 датчика давления, и установлены по контуру за периферией мембраны на её основании.

Выражение для выходной частоты преобразователя имеет вид

$$f = \frac{1}{T_k} = \frac{1}{2(1 - \varepsilon_R + 2m)C_{23}} \left( \frac{\varepsilon_R}{R_n} + \frac{(1 + \varepsilon_R + 2n)}{2R_{26}} \right), \quad (1)$$

где  $\varepsilon_R = \Delta R/R$  – относительное изменение сопротивления  $R$  тензомоста 18 под действием давления,  $m = \frac{R_{24}}{R}$  и  $n = \frac{R_{25}}{R}$  – коэффициенты, равные отношению сопротивлений 24 и 25 к сопротивлению  $R$  тензомоста 18,  $C_{23}$  и  $C_{21}$  – ёмкости конденсаторов 23 и 21,  $R_n$  – сопротивление резистора интегратора.

При разбалансе тензомоста 18 в ту или другую сторону, как это происходит в датчиках дифференциального давления, величина относительного изменения сопротивления плеч тензомоста будет изменяться в зависимости от измеряемого давления в диапазоне от  $-0,01$  до  $+0,01$  ( $\varepsilon_R = 0 \div \pm 0,01$ ) и учитывая то, что эта величина значительно меньше единицы, из выражения (1) можно определить девиацию частоты  $\Delta f$  выходного сигнала преобразователя

$$\Delta f \approx \frac{\pm \varepsilon_R}{2(1+2m)C_{23}R_{\text{и}}}, \quad (3)$$

которая может задаваться и устанавливаться более точно с помощью величин ёмкости  $C_{23}$  конденсатора 23 и сопротивления  $R_{\text{и}}$  резистора интегратора.

Зависимость частоты выходного сигнала от разбаланса тензомоста  $\varepsilon_R$  согласно выражения (1) в диапазоне от  $-0,01$  до  $+0,01$  (относительных единиц), без учёта влияния температуры, при следующих параметрах схемы: сопротивление тензомоста  $R=700$  Ом, сопротивления интегратора  $R_{\text{и}}=52630$  Ом и  $R_{26}=1250000$  Ом, ёмкость конденсатора  $C_{23}=20$  пФ при отсутствии дополнительных резисторов 24 и 25 ( $n=m=0$ ) носит линейный характер во всём диапазоне разбаланса (как в отрицательной, так и в положительной области, а что частота  $f$  выходного сигнала от разбаланса тензомоста изменяется от 5033 Гц при  $\varepsilon_R = -0,01$  до 15000 Гц при  $\varepsilon_R = +0,01$  и равна 10000 Гц при  $\varepsilon_R = 0$ .

С учётом влияния температуры, при которой будут изменяться сопротивления плеч тензомоста (независимо от измеряемого давления) и сопротивления дополнительных резисторов 24 и 25, установленных на основании мембраны датчика давления в непосредственной близости от тензорезисторов, но в зоне нечувствительности к механическим деформациям от измеряемого давления, для выходной частоты преобразователя выражение (1) принимает вид

$$f(T) = \frac{1}{2(1-\varepsilon_{RT} + 2m_T)C_{23}} \left( \frac{\varepsilon_{RT}}{R_{\text{и}}} + \frac{(1+\varepsilon_{RT} + 2n_T)}{2R_{26}} \right), \quad (4)$$

где значения  $n_T = \frac{n}{1+\varepsilon_T}$ ,  $m_T = \frac{m}{1+\varepsilon_T}$ ,  $\varepsilon_{RT} = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon_T}$ , зависят от относительного изменения сопротивлений тензорезисторов, связанных с изменением температуры тензомоста и величиной температурного коэффициента сопротивления материала тензорезисторов.

На рисунке 2 показаны зависимости выходной частоты преобразователя от температуры и от соотношения резисторов 24 и 25 ( $n$  и  $m$ ) при разбалансе тензомоста  $+0,01$ .

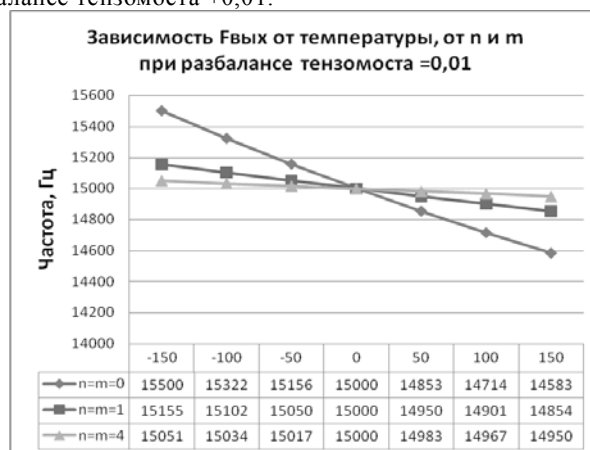


Рис. 2 - Зависимость выходной частоты преобразователя от температуры и от соотношения резисторов 24 и 25.

При включении в схему устройства резисторов 24 и 25 с увеличением соотношения  $m=R_{24}/R$  и  $n=R_{25}/R$  ( $m=n=1; 4$ ; и т.д.) и размещении их на основании мембраны датчика давления происходит уменьшение температурной погрешности преобразования частоты выходного сигнала, как показано на рис. 3.

С увеличением величины резисторов 24 и 25, например, в четыре раза ( $R_{24}=R_{25}=2800$  Ом), температурная погрешность не превышает 1 0,34% при разбалансе  $+0,01$ .

Таким образом, для заданных значений диапазона измеряемых давлений, температуры разогрева тензомоста, частотного диапазона выходного сигнала устройства, путём правильного подбора параметров элементов схемы частотного преобразователя сигнала с выхода тензомоста можно значительно уменьшить (или полностью компенсировать) погрешность измерения устройства, связанную с изменением температуры измеряемой среды и с разогревом тензомоста датчика давления.

#### Литература

- 1 Мокров Е.А., Баринов И.Н., Цибизов П.Н. Полупроводниковые пьезочувствительные элементы микросистемных датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учеб. пособие - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. - 104 с.
- 2 Баринов И.Н., Цыпин Б.В. Состояние разработок и тенденции развития высокотемпературных тензорезистивных датчиков давления на основе карбида кремния // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2010. - №11. - С. 50-60.
- 3 Баринов И.Н. Оптимизация параметров полупроводниковых чувствительных элементов датчиков абсолютного давления // Приборы. - 2009. - №4. - С. 47-51.
- 4 Громков Н.В. Интегрирующие развёртывающие преобразователи параметров датчиков систем измерения, контроля и управления: монография - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. - 244 с.
- 5 Баринов И.Н., Волков В.С. Обеспечение долговременной стабильности параметров высокотемпературных полупроводниковых тензорезистивных датчиков абсолютного давления // Приборы. - 2012. - № 9. - с. 29 - 35.
- 6 Баринов И.Н., Федюлов А.В., Волков В.С. Высокотемпературные датчики абсолютного давления на структуре «поликремний - диэлектрик» с улучшенными метрологическими характеристиками // Датчики и системы. - 2012. - № 10. - с. 2 - 6.
- 7 Волков В.С., Баринов И.Н. Полупроводниковые датчики давления на основе резонансного преобразователя // Приборы. - 2012. - № 7. - с. 9 - 14.
- 8 Волков В.С., Баринов И.Н. Автоматизация разработки диагностического обеспечения интеллектуальных полупроводниковых датчиков давления // Приборы. - 2009. - № 12. - с. 20 - 26.
- 9 Волков В.С., Фандеев В.П., Баринов И.Н. Использование информационных технологий для разработки диагностического обеспечения электронных устройств // Технологии приборостроения. - 2006. - № 4. - с. 21 - 23.

10 Волков В.С., Баринов И.Н. Использование системы Simulink при имитационном моделировании высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления // Приборы.- 2011. - № 7. - с. 50 – 55.

11 Васильев В.А., Громков Н.В. Устройство для измерения давления на основе нано- и микроэлектромеханической системы с частотным выходным сигналом. Заявка на изобретение №2009133752 от 08.09.2009г.

## References

1 Mokrov E.A., Barinov I.N., Cibizov P.N. Poluprovodnikovye p'ezochuvstvitel'nye jelementy mikroelektronnyh datchikov davlenij. Osnovy proektirovaniya i razrabotki: ucheb. posobie - Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2009. - 104 s.

2 Barinov I.N., Cypin B.V. Sostojanie razrabotok i tendencii razvitiya vysokotemperaturnyh tenzorezistivnyh datchikov davlenij na osnove karbida kremniya // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika.-2010.- №11.-S. 50-60.

3 Barinov I.N. Optimizacija parametrov poluprovodnikovyh chuvstvitel'nyh jelementov datchikov absoljutnogo davlenija // Pribory.-2009.-№4.-S. 47-51.

4 Gromkov N.V. Integrirujushhie razvjortyvajushhie preobrazovateli parametrov datchikov sistem izmerenija, kontrolja i upravlenija: monografija - Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2009. - 244 s.

5 Barinov I.N., Volkov V.S. Obespechenie dolgovremennoj stabil'nosti parametrov vysokotemperaturnyh poluprovodnikovyh tenzorezistivnyh datchikov absoljutnogo davlenija // Pribory.- 2012. - № 9. - s. 29 – 35.

6 Barinov I.N., Fedulov A.V., Volkov V.S. Vysokotemperaturnye datchiki absoljutnogo davlenija na strukture «polikremnij - dijelektrik» s uluchshennymi metrologicheskimi harakteristikami // Datchiki i sistemy. - 2012. - № 10. - s. 2 - 6.

7 Volkov V.S., Barinov I.N. Poluprovodnikovye datchiki davlenija na osnove rezonansnogo preobrazovatelja // Pribory.- 2012. - № 7. - s. 9 – 14.

8 Volkov V.S., Barinov I.N. Avtomatizacija razrabotki diagnosticheskogo obespechenija intellektual'nyh poluprovodnikovyh datchikov davlenija // Pribory.- 2009. - № 12. - s. 20 – 26.

9 Volkov V.S., Fandeev V.P., Barinov I.N. Ispol'zovanie informacionnyh tehnologij dlja razrabotki diagnosticheskogo obespechenija jelektronnyh ustrojstv // Tehnologii priborostroenija. - 2006. - № 4. - s. 21 – 23.

10 Volkov V.S., Barinov I.N. Ispol'zovanie sistemy Simulink pri imitacionnom modelirovanii vysokotemperaturnyh poluprovodnikovyh datchikov davlenija // Pribory.- 2011. - № 7. - s. 50 – 55.

11 Vasil'ev V.A., Gromkov N.V. Ustrojstvo dlja izmerenija davlenija na osnove nano- i mikrojelektromehaničeskoj sistemy s chastotnym vyhodnym signalom. Zajavka na izobretenie №2009133752 ot 08.09.2009g.

Вергазов И.Р.<sup>1</sup>, Тареева Ю.А.<sup>2</sup>, Петрин В.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Соискатель, <sup>2</sup>аспирант, <sup>3</sup>соискатель, Пензенский государственный университет

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ В ЧАСТОТУ

### Аннотация

*Рассмотрены конструктивные преимущества резонансных измерительных преобразователей механических величин и преобразователей давления с частотным выходным сигналом, выполненных с использованием МЭМС-технологий. Показаны преимущества применения монокристаллического кремния в качестве материала для создания микромеханических резонаторов.*

**Ключевые слова:** МЭМС-технология, датчик давления, кремниевый резонансный преобразователь, частотный выходной сигнал.

Vergazov I.R.<sup>1</sup>, Tareeva Yu.A.<sup>2</sup>, Petrin V.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Applicant, <sup>2</sup> post graduate student, Penza State University

## THE DESIGN FEATURES OF FREQUENCY MEASURING TRANSDUCERS FOR PRESSURE MEASUREMENT

### Abstract

*The constitutive advantages of MEMS-based resonant measuring transducers for mechanical quantities measurement and pressure transducers with frequency output signal are reviewed. The advantages of monocrystalline silicone for micromechanical resonator manufacturing are shown.*

**Keywords:** MEMS technology, pressure sensor, silicone resonant transducer, frequency output signal.

В современной измерительной технике интенсивно применяются измерительные преобразователи, основанные на применении МЭМС технологий. Применяемые в большинстве современных датчиках давления емкостной и тензорезистивный принципы измерения известны уже много лет и подошли к своему функциональному пределу. Известные проблемы стабильности, сильная температурная зависимость характеристик ограничивают возможности датчиков на основе этих принципов и приводят к их удорожанию в свете постоянно растущих требований к их характеристикам [1 - 4]. Устойчивость к внешним воздействиям (температура и статическое давление) для традиционных чувствительных элементов ограничиваются дрейфом нуля из-за перекоса подвижной обкладки (для емкостного принципа преобразования) и существенная зависимость сопротивления полупроводниковых тензорезистивных пленок от температуры (для тензорезистивного принципа преобразования) [3,4].

Современный уровень развития МЭМС технологий позволяет применять измерительные преобразователи, основанные на явлении механического резонанса. В таких устройствах возбуждаются колебания чувствительного элемента с резонансной частотой, которая определяется свойствами материала и геометрией элемента. Под действием измеряемой физической величины изменяется амплитуда и (или) фаза резонансных колебаний, по которым количественно оценивают входную величину [5, 6].

Использование монокристаллического кремния оказывается наиболее предпочтительным с точки зрения получения высоких характеристик резонатора. Благодаря монокристаллической структуре кремний имеет высокую упругость и хорошую временную стабильность механических свойств. Кроме того, монокристаллический кремний не имеет внутренних механических напряжений, и это свойство сохраняется в процессе формирования резонатора, что, в свете высокой тензочувствительности, обеспечивает хорошую воспроизводимость параметров резонатора. Применение кремниевой технологии позволяет создавать высокодобротные колебательные системы [6].

При использовании кремниевого резонатора собственную частоту колебаний определяют всего два параметра: масса и геометрические размеры резонансного элемента. Масса резонатора неизменна, геометрические размеры и форма на 4 – 5 порядков менее подвержены влиянию температуры и статического давления, чем электрические характеристики (емкость, сопротивление).

Применение кремниевого резонатора позволяет обойтись без промежуточного аналого-цифрового преобразования (деформация непосредственно преобразуется в частоту выходного сигнала) в отличие от емкостного и тензорезистивного чувствительного элемента. При этом зависимость частоты выходного сигнала от давления является линейной, что упрощает схему обработки измерительного сигнала. Применение кремниевых резонаторов позволяет обеспечить основную погрешность не более 0,01 %, включая влияние нелинейности, повторяемости, гистерезиса, и стабильность выходного сигнала порядка 0,1 % в течение 10 лет. Кроме того, это позволяет упростить диагностирование и поиск неисправностей в информационно-измерительных системах на основе подобных датчиков и повысить надежность [7 - 9].



Большинство резонансных датчиков давления строится с использованием разделительных упругих элементов. Разделительные элементы обеспечивают оптимальные условия работы резонаторов, делают возможной вакуумизацию или герметизацию рабочей пластины, что повышает добротность и снижает старение резонатора.

В конце 80-х годов японская компания Yokogawa реализовала принципиально новый частотно-резонансный сенсор, названный DPHarp (Differential Pressure High Accuracy Resonant Pressure sensor) [5].

Конструкция чувствительного элемента выполнена в размерах десятков микрон в виде единого монокристалла кремния. В качестве упругого элемента используется кремниевая диафрагма, на которой расположены два чувствительных элемента. Чувствительные элементы-резонаторы расположены так, что их деформации отличаются по знаку при приложении разности давлений к мембране. Изменение собственной частоты резонаторов прямо пропорционально прилагаемому давлению.

Технология формирования резонаторов в вакуумированной капсуле использует ряд последовательно выполняемых процессов эпитаксиального выращивания и селективного травления. Давление в герметизированной полости составляет менее 0,133 Па, обеспечивая добротность резонатора более 50000 [5].

Конструкция кристалла чувствительного элемента кремниевого резонансного датчика давления представлена на рисунке 1.

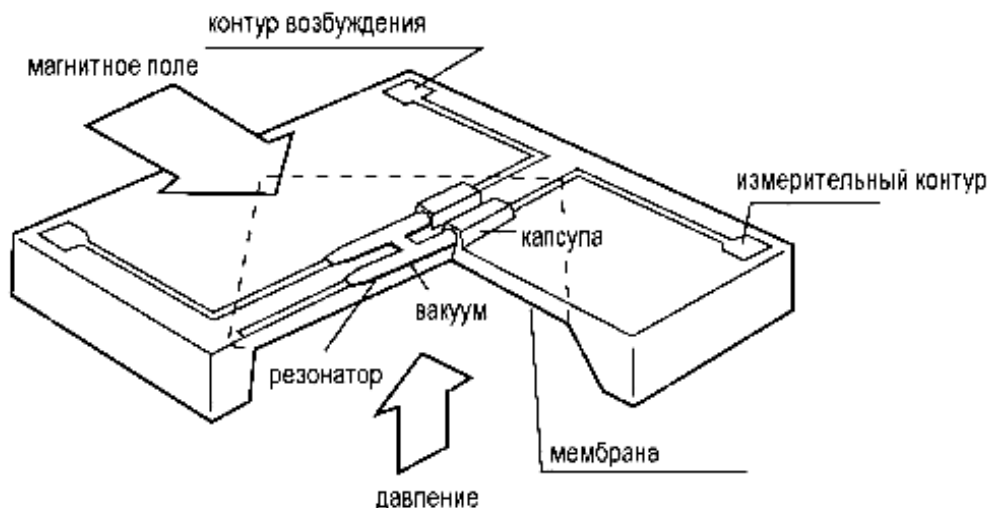


Рис.1 – Конструкция кристалла чувствительного элемента кремниевого резонансного датчика давления

Принцип работы преобразователя давления заключается в следующем. Резонатор размещен на мембране, вытравленной в кремниевой подложке с помощью жидкостного анизотропного травления кремния. Для повышения добротности колебаний и увеличения уровня выходного сигнала балка резонатора помещена в вакуумированную полость. В зависимости от знака приложенного давления мембрана деформируется, резонатор растягивается или сжимается, в результате чего частота его собственных механических колебаний соответственно растет или уменьшается. Колебания механического резонатора в постоянном магнитном поле передаются на вторую балку, при этом, вследствие эффекта электромагнитной индукции, в измерительном контуре возникает переменная ЭДС с частотой, равной частоте колебаний резонатора измерительного контура, которая усиливается и возвращается обратно на вход схемы, что приводит к саморезонансу (автоколебаниям) системы. Собственная частота такого ненагруженного резонатора составляет около 90 кГц, при этом на выходе чувствительного элемента получается цифровой (частотный) сигнал, пропорциональный величине измеряемого давления [5].

Недостатком резонансного преобразователя фирмы Yokogawa является низкая чувствительность, обусловленная тем, что сила Лоренца, возникающая только в одной из балок, обеспечивает колебание не только балки, по которой протекает переменный ток, но и второй балки, соединенной с первой балкой перемычкой и которая должна индуцировать возникающий во второй балке переменный ток в измерительную схему [9]. Таким образом, индуцированная электромагнитная сила выполняет работу по возбуждению колебаний в двух балках одновременно, что требует увеличения протекающего через первую колебательную балку переменного тока, что снижает чувствительность преобразования при заданном значении потребляемой мощности.

На рисунке 2 представлена усовершенствованная конструкция резонансного преобразователя давления, содержащего кремниевую мембрану, предназначенную для измерения давления, с расположенным на ней кремниевым резонатором, два постоянных магнита, обеспечивающих действие магнитного поля в плоскости резонатора в направлении, перпендикулярном продольной оси резонатора, резонатор выполнен в виде рамки, внутри которой на перемычках подвешена плоско-параллельная пластина с напыленной на ее поверхности по периметру проводящей дорожкой, которая проходит через одну из перемычек, а на другой перемычке расположен тензорезистор, обеспечивающий восприятие деформации перемычки при колебаниях пластины [10].



Рис. 2 – Конструкция резонансного преобразователя давления

На рисунке 3 изображен кремниевый резонатор.

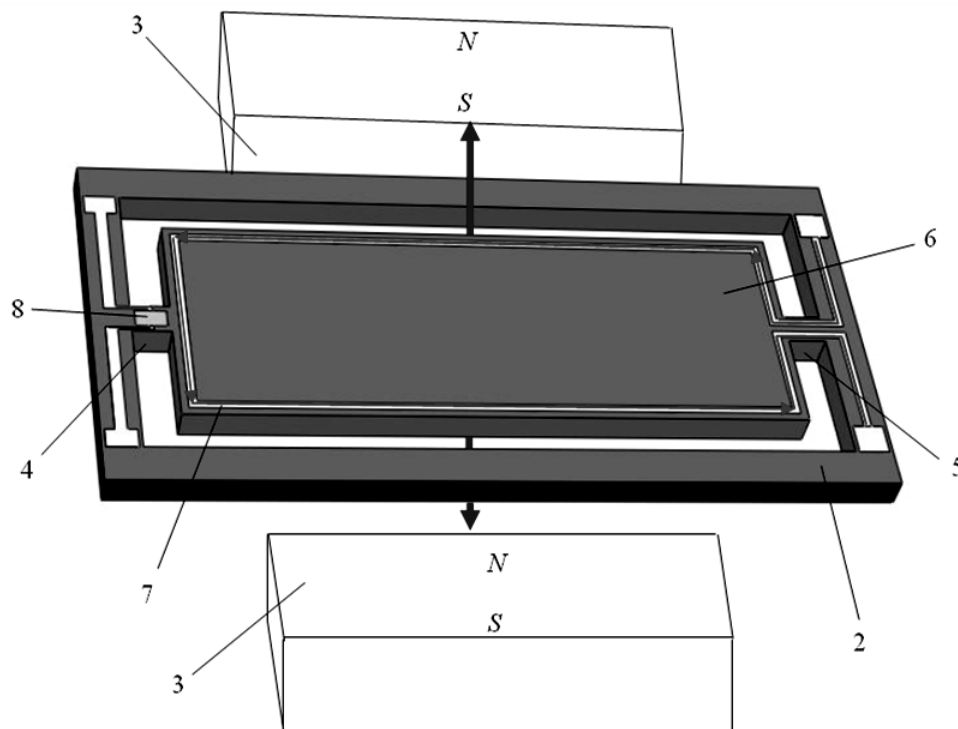


Рис. 3 – Конструкция кремниевого резонатора

Конструкция содержит два постоянных магнита (3), обеспечивающих действие магнитного поля в плоскости резонатора (2) в направлении, перпендикулярном его оси. Резонатор (2) выполнен в виде рамки, внутри которой на перемычках (4,5) подвешена плоско-параллельная пластина (6) с напыленной на ее поверхности по периметру проводящей дорожкой (7), которая проходит через одну из перемычек, а на другой перемычке расположен тензорезистор (8), обеспечивающий восприятие деформации перемычки при колебаниях пластины (6) [10].

Принцип работы преобразователя заключается в следующем. Измеряемое давление, воздействуя на плоско-параллельную пластину, изменяет резонансную частоту ее колебаний, вызываемых силами Лоренца, воздействующими на противоположные стороны плоско-параллельной пластины, со стороны постоянного магнита при пропускании через проводящую дорожку переменного тока, что в свою очередь вызывает изменение частоты колебаний перемычки с расположенным на ней тензорезистором, частота выходного напряжения на котором пропорционально изменению измеряемого давления.

Применение предложенных конструкций резонансных преобразователей возможно при измерении не только давления, но и других механических величин и позволяет повысить точность и стабильность характеристик средств измерений на их основе.

#### Литература

- 1 Баринов И.Н., Федулов А.В., Волков В.С. Высокотемпературные датчики абсолютного давления на структуре «поликремний - диэлектрик» с улучшенными метрологическими характеристиками // Датчики и системы. - 2012. - № 10. - с. 2 - 6.
- 2 Баринов И.Н. Оптимизация параметров полупроводниковых чувствительных элементов датчиков абсолютного давления // Приборы. - 2009. - №4. - С. 47-51.
- 3 Баринов И.Н., Волков В.С. Обеспечение долговременной стабильности параметров высокотемпературных полупроводниковых тензорезистивных датчиков абсолютного давления // Приборы. - 2012. - № 9. - с. 29 - 35.
- 4 Мокров Е.А., Баринов И.Н., Цибизов П.Н. Полупроводниковые пьезочувствительные элементы микросистемных датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учеб. пособие - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. - 104 с.
- 5 US patent 6,082,199. <http://www.yokogawa.ru>.
- 6 Волков В.С., Баринов И.Н. Полупроводниковые датчики давления на основе резонансного преобразователя // Приборы. - 2012. - № 7. - с. 9 - 13.
- 7 Волков В.С., Фандеев В.П., Баринов И.Н. Использование информационных технологий для разработки диагностического обеспечения электронных устройств // Технологии приборостроения. - 2006. - № 4. - с. 21 - 23.
- 8 В.П. Фандеев, В.С. Волков Модели, методы и алгоритмы оптимизации диагностирования приборов.: Учебное пособие - Пенза: Изд-во ПГУ, 2007. - 76 с.
- 9 Волков В.С., Баринов И.Н. Использование системы Simulink при имитационном моделировании высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления // Приборы. - 2011. - № 7. - с. 50.
- 10 Патент RU 2341815 (пр. 02.06.2010). Резонансный преобразователь давления / Баринов И.Н., Баринов И.Н.

#### References

- 1 Barinov I.N., Fedulov A.V., Volkov V.S. Vysokotemperaturnye datchiki absoljutnogo davlenija na strukture «polikremnij - dijelektrik» s uluchshennymi metrologicheskimi harakteristikami // Datchiki i sistemy. - 2012. - № 10. - s. 2 - 6.
- 2 Barinov I.N. Optimizacija parametrov poluprovodnikovyh chuvstvitel'nyh jelementov datchikov absoljutnogo davlenija // Pribory. - 2009. - №4. - S. 47-51.
- 3 Barinov I.N., Volkov V.S. Obespechenie dolgovremennoj stabil'nosti parametrov vysokotemperaturnyh poluprovodnikovyh tenzorezistivnyh datchikov absoljutnogo davlenija // Pribory. - 2012. - № 9. - s. 29 - 35.
- 4 Mokrov E.A., Barinov I.N., Cibizov P.N. Poluprovodnikovye p'ezochuvstvitel'nye jelementy mikrojelektronnyh datchikov davlenij. Osnovy proektirovanija i razrabotki: ucheb. posobie - Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2009. - 104 s.
- 5 US patent 6,082,199. <http://www.yokogawa.ru>.
- 6 Volkov V.S., Barinov I.N. Poluprovodnikovye datchiki davlenija na osnove rezonansnogo preobrazovatelja // Pribory. - 2012. - № 7. - s. 9 - 13.

7 Volkov V.S., Fandeev V.P., Barinov I.N. Ispol'zovanie informacionnyh tehnologij dlja razrabotki diagnosticheskogo obespechenija jelektronnyh ustrojstv // Tehnologii priborostroenija. - 2006. - № 4. - s. 21 – 23.

8 V.P. Fandeev, V.S. Volkov Modeli, metody i algoritmy optimizacii diagnostirovaniya priborov.: Uchebnoe posobie - Penza: Izd-vo PGU, 2007. – 76 s.

9 Volkov V.S., Barinov I.N. Ispol'zovanie sistemy Simulink pri imitacionnom modelirovanii vysokotemperaturnyh poluprovodnikovyyh datchikov davlenija // Pribory.- 2011. - № 7. - s. 50.

10 Patent RU 2341815 (pr. 02.06.2010). Rezonansnyj preobrazovatel' davlenija / Barinov N.I., Barinov I.N.

**Вергазов И.Р.<sup>1</sup>, Тареева Ю.А.<sup>2</sup>, Петрин В.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Соискатель, <sup>2</sup> аспирант, <sup>3</sup> соискатель, Пензенский государственный университет

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА СИЛЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Аннотация*

*Предложена конструкция чувствительного тензорезистивного элемента датчика силы. Методом конечных элементов определены зоны размещения тензорезисторов, обеспечивающие повышение чувствительности и линейности.*

**Ключевые слова:** тензорезистивный датчик силы, зоны равной деформации, метод конечных элементов.

**Vergazov I.R.<sup>1</sup>, Tareeva Yu.A.<sup>2</sup>, Petrin V.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> applicant, <sup>2</sup> post graduate student, <sup>3</sup> applicant, Penza State University

## **OPTIMIZATION OF THE FORCE SENSOR CHARACTERISTICS BY THE FINIT ELEMENTS METHOD**

*Abstract*

*The design of the strain gage force sensor is proposed. The zone of strain gage placing that provide sensitivity and linearity increasing are defined by finite elements method.*

**Keywords:** strain gage force sensor, zone of equal strain, finite elements method.

Чувствительные элементы (ЧЭ) датчиков служат для измерения физических величин, таких как сила, давление, крутящий момент и др. Точность, чувствительность и стабильность метрологических характеристик средств измерений определяются в основном именно свойствами ЧЭ.

Дополнительно к ЧЭ предъявляются требования: стойкости к воздействию влияющих величин, высокой временной стабильности характеристик и релаксационной стойкости, малых влияний дестабилизирующих факторов, например, температуры окружающей среды, изменений атмосферного давления, при условии, что эти параметры не являются измеряемыми величинами [1 - 6].

Типичная конструкция датчика силы стержневого типа состоит из цилиндрического ЧЭ, на наружной поверхности которого установлены тензорезисторы и компенсационные сопротивления. Достоинство стержневых ЧЭ заключается в простоте изготовления. Для таких элементов достаточно легко достигаются высокие классы точности выполнения геометрических размеров, чистоты обработки поверхностей. Кроме того, стержневой упругий элемент наиболее подходит для построения датчиков на высокие пределы измерения при ограниченной массе и габаритных размерах.

Одним из недостатков такого ЧЭ является невысокая чувствительность. Для увеличения чувствительности стержень выполняют в виде полого цилиндра. Изменение конструкции ЧЭ требует решения задачи оптимизации расположения элементов тензометрической измерительной цепи на упругих элементах УЭ с целью увеличения чувствительности и линейности функции преобразования.

Выходной величиной УЭ датчиков механических величин является линейное или угловое перемещение или деформация. Под перемещением будем понимать прогибы характерных точек УЭ в направлении, задаваемом направлением действия нагрузки. Под деформацией будем понимать перемещение точек, лежащих на поверхности УЭ.

Если УЭ выполнен в форме цилиндрического стержня и к нему приложена продольная растягивающая сила  $F_p$ , то под действием этой силы стержень получит удлинение  $\Delta l$ , которое в соответствии с законом Гука будет равно

$$\Delta l = \frac{\mu \cdot d}{S \cdot E} \cdot F_p,$$

где  $S$  – сечение стержня;  $E$  – модуль упругости материала [7].

Вследствие неоптимального расположения тензоэлементов снижается точность измерения за счет непропорционального изменения сопротивлений плеч измерительной цепи, что в свою очередь приводит к повышению нелинейности.

Аналитический расчет деформаций для УЭ в виде стержня сложной геометрической формы является громоздким и может быть выполнен только приближенно. Можно определить деформационные характеристики исследуемого УЭ с учетом конструктивных особенностей можно при помощи численного моделирования методом конечных элементов (МКЭ).

В рассматриваемом случае исследовались деформации УЭ в виде стержня с двумя отверстиями, одно из которых проходит через центр боковой грани УЭ и является сквозным, а второе расположено в основании УЭ и углубляется внутрь УЭ на конструктивно заданную глубину. На двух других плоских гранях УЭ расположены элементы измерительной цепи.

Для оптимизации расположения элементов тензометрической цепи на поверхности УЭ необходимо определить зоны максимальных равных по модулю и противоположных по знаку деформаций на плоской грани стержневого УЭ тензорезисторного датчика силы.

Для анализа полученных моделей использовалась программа моделирования с помощью МКЭ Comsol, позволяющие рассчитывать и анализировать физические процессы, протекающие при деформациях УЭ. Распределение механических напряжений по Мизесу на поверхности УЭ показано на рисунке 1.

Результатом моделирования стало получение набора точек на поверхности боковой плоской грани УЭ с соответствующими этим точкам относительными деформациями боковой грани УЭ.

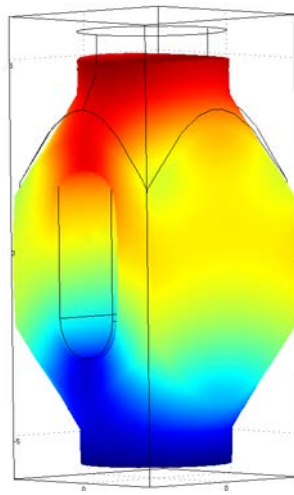


Рис. 1 – Распределение механических напряжений по Мизесу на поверхности УЭ

При помощи математических пакетов типа Matlab были найдены аналитические зависимости, описывающие продольные и поперечные деформации. Для этого строились поверхности, описываемые полиномами по точкам, полученным при моделировании УЭ с помощью МКЭ. Поверхность, соответствующая поперечным деформациям боковой плоской грани УЭ, представлена на рисунке 2.

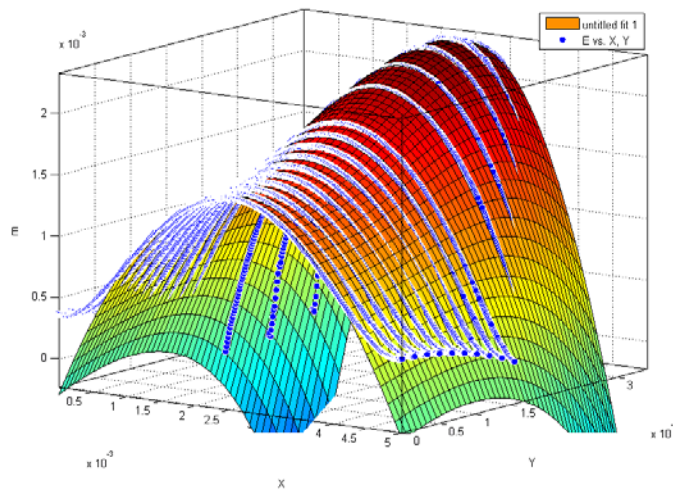


Рис. 2 – Поверхность, соответствующая поперечным деформациям боковой плоской грани УЭ

Линии с одинаковыми деформациями для размещения тензоэлементов на боковой грани УЭ показаны на рисунке 3.

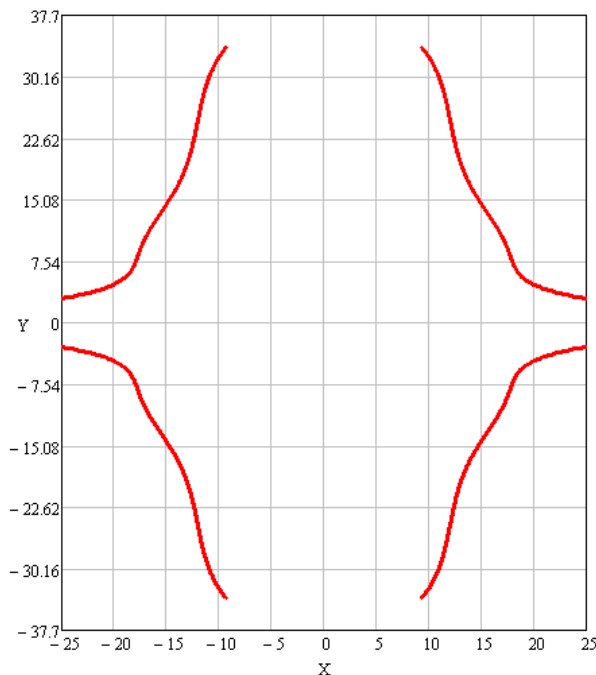


Рис. 3 – Линии с одинаковыми деформациями для размещения тензоэлементов, воспринимающих продольные деформации.

Меня конструктивные размеры УЭ, а также форму и местоположение отверстий, можно добиться увеличения чувствительности МЭМС датчика в целом и обеспечения линейности его выходного сигнала.

#### Литература

- 1 Мокров Е.А., Баринов И.Н., Цибизов П.Н. Полупроводниковые пьезочувствительные элементы микроэлектронных датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учеб. пособие - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. - 104 с.
- 2 Баринов И.Н., Цыпин Б.В. Состояние разработок и тенденции развития высокотемпературных тензорезистивных датчиков давлений на основе карбида кремния // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. –2010.– №11.–С. 50-60.
- 3 Волков В.С., Баринов И.Н. Использование системы Simulink при имитационном моделировании высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления // Приборы.- 2011. - . № 7. - с. 50 – 55.
- 4 Волков В.С., Баринов И.Н. Полупроводниковые датчики давления на основе резонансного преобразователя // Приборы.- 2012. - . № 7. - с. 9 – 14.
- 5 Волков В.С., Баринов И.Н. Автоматизация разработки диагностического обеспечения интеллектуальных полупроводниковых датчиков давления // Приборы.- 2009. - № 12. - с. 20 – 26.
- 6 В.П. Фандеев, В.С. Волков Модели, методы и алгоритмы оптимизации диагностирования приборов.: Учебное пособие - Пенза: Изд-во ПГУ, 2007. – 76 с.
- 7 Тихонов А. И., Тихоненков В. А., Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин: Учебное пособие.- Ульяновск: УЛГТУ, 2000.-С 150-151.

#### References

- 1 Mokrov E.A., Barinov I.N., Cibizov P.N. Poluprovodnikovye p'ezochuvstvitel'nye jelementy mikrojelektronnyh datchikov davlenij. Osnovy proektirovaniya i razrabotki: ucheb. posobie - Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2009. - 104 s.
- 2 Barinov I.N., Cypin B.V. Sostojanie razrabotok i tendencii razvitiya vysokotemperaturnyh tenzorezistivnyh datchikov davlenij na osnove karbida kremnija // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. –2010.– №11.–S. 50-60.
- 3 Volkov V.S., Barinov I.N. Ispolzovanie sistemy Simulink pri imitacionnom modelirovanii vysokotemperaturnyh poluprovodnikovyh datchikov davlenija // Pribory.- 2011. - . № 7. - s. 50 – 55.
- 4 Volkov V.S., Barinov I.N. Poluprovodnikovye datchiki davlenija na osnove rezonansnogo preobrazovatelja // Pribory.- 2012. - . № 7. - s. 9 – 14.
- 5 Volkov V.S., Barinov I.N. Avtomatizacija razrabotki diagnosticheskogo obespechenija intellektual'nyh poluprovodnikovyh datchikov davlenija // Pribory.- 2009. - № 12. - s. 20 – 26.
- 6 V.P. Fandeev, V.S. Volkov Modeli, metody i algoritmy optimizacii diagnostirovaniya priborov.: Uchebnoe posobie - Penza: Izd-vo PGU, 2007. – 76 s.
- 7 Tihonov A. I., Tihonenkov V. A., Teorija, raschet i osnovy proektirovaniya datchikov mehanicheskikh velichin: Uchebnoe posobie.- Ul'janovsk: ULGTU, 2000.-S 150-151.

#### Вашук И.Н.

Кандидат педагогических наук, доцент, Оренбургский государственный университет

#### ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКОВОГО ПРОДВИЖЕНИЯ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ

#### Аннотация

*В данной статье рассматривается разработка системы правил, которые позволили бы осуществить автоматизацию процесса интеллектуального поискового продвижения по критерию предоставления услуг платного хостинга, что позволит выбрать наиболее оптимальные тарифные планы.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ, деревья решений, метод главных компонент, поисковое продвижение.

#### Vashchuk I.N.

Ph.D., Associate Professor, Orenburg State University

#### TECHNOLOGY IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT SEARCH PROMOTION OF INTERNET RESOURCES

#### Abstract

*This article discusses the development of a system of rules that would enable automation of intelligent search engine promotion on the criterion of paid hosting services that allow you to select the most optimal tariff plans.*

**Keywords:** intelligent analysis, decision trees, the principal component analysis, search engine promotion.

Автоматизация процессов в продвижении сайтов – тема, которая становится все более актуальной с каждым годом, поскольку с развитием поисковых алгоритмов SEO-специалистам приходится работать с растущим количеством факторов, влияющих на позиции сайта в выдаче. Если десять лет назад конкуренция между сайтами в интернете была ниже и структура сайтов – проще, то сегодня оптимизаторам зачастую приходится продвигать сайты с определенной «историей болезни», с огромным числом накопленных за годы страниц и т.д.

Автоматизация процессов в SEO-компаниях решает как минимум три ключевые задачи:

- экономия времени специалистов, которым без роботов приходится вручную проводить много рутинной работы;
- повышение качества услуг (робот, в отличие от человека, не может пропустить что-то важное по невнимательности, также мощности, объемы обрабатываемых роботом данных дают более точную аналитическую картину, нежели проведенный вручную анализ небольшой выборки сайтов);
- масштабируемость бизнеса (автоматизированные процессы позволяют, во-первых, увеличивать в разы количество проектов, находящихся в одновременной работе, во-вторых, решают проблемы, которые возникают обычно при уходе специалиста или при расширении штата).

А выявление общих закономерностей, которые отражают работу алгоритмов – это проблема любой SEO-компании, потому что эти знания позволяют выбрать правильную стратегию продвижения.

Создание собственных автоматизированных систем и их поддержка требуют значительных расходов, напрямую не влияющих на прибыль. В этом случае небольшие компании предпочитают пользоваться сторонними разработками и автоматизированными сервисами.

В настоящее время в SEO есть большой простор для автоматизации процессов, однако пользоваться любыми сервисами и роботами должен профессионал, человек, способный правильно оценить и направить работу роботов. Полный переход на автоматическое продвижение сайтов – с каждым годом будет расти.

На основании анализа рассмотренных систем поисковой автоматизации можно сделать вывод, что использование каждой может повлечь за собой значительные финансовые затраты. И то, что предполагается, как интеллектуальное поисковое продвижение не представлено ни в одной системе и поэтому - отсутствуют возможности оптимизации тех факторов, которые и влияют на поисковое продвижение. В результате, возникает потребность применить современные технологии интеллектуального

анализа, для построения более совершенных и адаптивных решений в области интеллектуального поискового продвижения. Таким образом, необходимо реализовать задачи, которые позволили бы осуществить извлечение знаний и как следствие их использование в концептуальной предметной области.

Процесс реализации интеллектуального поискового продвижения по критерию предоставления услуг платного хостинга определялся анализом таких компонент, как:

1. Цена в месяц = [0.99; 49]
2. Цена в год = [10.15; 499]
3. Объем = [5; 2500]
4. Трафик = [0.4; 1000]
5. Количество сервисов = [1; 4]
6. Виртуальных серверов = [1; 1000]
7. FTP входов = [1; 1000]

Широкая сфера применения "деревьев классификации" делает их весьма привлекательным инструментом анализа данных. Для построения дерева решений изначально был выбран алгоритм ID3, но реализация на исходных данных показала его не результативность в виду того что он некорректно работает с атрибутами, имеющими уникальные значения для всех объектов из обучающей выборки. Для таких объектов информационная энтропия равна нулю и никаких новых данных от построенного дерева по данной зависимой переменной получить не удастся. Поскольку получаемые после разбиения подмножества будут содержать по одному объекту. Поэтому для построения дерева решений использовался алгоритм C4.5, который является усовершенствованной версией алгоритма ID3. Но реализация алгоритма C4.5 на аналитической платформе Deductor выдала дерево решений, где было много узлов, что определилось как уменьшение процента значимости компонент, т.е. их существенное рассеивание. Это определило необходимость в качестве входных измерений использовать наиболее значимые. Использование метода главных компонент, дало возможность по исходным признакам выделить в общем случае достаточное число главных компонент. В результате тариф, объем и трафик – это те атрибуты которые оказывают существенное влияние на весь процесс выбора оптимального трафика.

Построение дерева решений на аналитической платформе Deductor, с учетом ранее выделенных атрибутов позволило получить следующие 5 продукционных правил:

- «Если трафик<535, объем<185 и цена <4.47, то тарифный план GoldHost»
- Если трафик<535, объем<185 и цена >4.47, то тарифный план Mastak»
- «Если трафик<535, объем>=185, то тарифный план XP-Inostng»
- «Если трафик>=535, объем<185, то Arbatek»
- «Если трафик>535, объем>=185, то Noserver»

Соответственно достоверность 1-80%, 2-60%, 3,4-50%, 5-20%, что определяется как достаточно хорошие показатели для такого набора входных данных. Таким образом, полученные правила можно использовать при построении базы знаний, которая позволит осуществлять выбор оптимального тарифного плана хостинга, как одного из критериев в общей схеме организации интеллектуального поискового продвижения.

#### Литература

- 1 BaseGroup Labs технологии анализа данных. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://www.basegroup.ru> (дата обращения: 20.02.2015).
- 2 Deductor аналитическая платформа для эффективных бизнес-решений. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://deductor.com.ua> (дата обращения: 20.02.2015).

#### References

- 1 BaseGroup Labs tehnologii analiza dannyh. [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa – <http://www.basegroup.ru> (data obrashhenija: 20.02.2015).
- 2 Deductor analiticheskaja platforma dlja jeffektivnyh biznes-reshenij. [Jelektronnyj resurs] Rezhim dostupa – <http://deductor.com.ua> (data obrashhenija: 20.02.2015).

Татмышевский К.В.<sup>1</sup>, Власов А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>Аспирант, Владимирский государственный университет

#### ВЛИЯНИЕ ПРЕДЫСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ НА ВЫХОДНОЙ ОПТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРНОГО ЭЛЕМЕНТА

#### Аннотация

Механолюминесцентное излучение в сульфиды цинка происходит вследствие их пластической деформации. При каждом нагружении будет изменяться дислокационная структура материала. На интенсивность излучения влияет начальная плотность дислокаций в кристалле. Было произведено математическое моделирование многократных нагрузок материала. В результате работы было описано влияние предыстории нагружения на выходной оптический сигнал механолюминесцентного сенсорного элемента.

**Ключевые слова:** механолюминесценция, дислокационная структура, предыстория нагружения.

Tatmishevskiy K.V.<sup>1</sup>, Vlasov A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, <sup>2</sup> PhD student, Vladimir State University

#### PRE-RECORDED STRESSING AFFECTS THE OUTPUT OPTICAL SIGNAL OF THE MECHANOLUMINESCENCE SENSOR ELEMENT

#### Abstract

Mechanoluminescence emission in zinc sulphides is due to plastic deformation. Every time the force is applied to the material its dislocation structure will change. The initial dislocation density in the crystal affects its radiation intensity. Different stressing scenarios were mathematically modeled. The result of the work is the description of how the pre-recorded stressing affects the output optical signal of the mechanoluminescence sensor element.

**Keywords:** mechanoluminescence, dislocation structure, optical signal, pre-recorded stressing.

Широкому распространению сенсорных элементов на основе явления механолюминесценции препятствует отсутствие достаточной воспроизводимости оптического излучения, возникающего в одном и том же материале в процессе многократных нагрузок. Возможной причиной таких расхождений может быть то обстоятельство, что исследователи не контролировали как фактически имеющуюся дислокационную структуру кристаллических образцов, так и предысторию их механического нагружения. С помощью разработанной на кафедре ПиИИТ ВлГУ математической модели был проведен расчет влияния предыстории нагружения на выходной оптический сигнал механолюминесцентного сенсорного элемента.

Механолуминесцентное излучение возникает в чувствительном элементе в процессе пластической деформации. В соответствии с основами теории дислокационной микропластичности при каждом акте пластической деформации будет изменяться и дислокационная структура кристалла. Причем направление изменений дислокационной структуры будут зависеть от ее фактического состояния и от предыстории механических нагрузжений.

Если начальная плотность дислокаций ( $N_{tD}$ ) материала больше критического значения ( $N_{tкр}$ ), то с действием каждого последующего импульса давления общая плотность дислокаций должна возрастать, а плотность подвижных дислокаций должна уменьшаться. Тогда уменьшение плотности подвижных дислокаций должно приводить к снижению интенсивности излучения с каждым новым циклом. Для оценки величины уменьшения амплитуды светимости при многократном действии импульса давления было проведено численное моделирование. В программе расчета использовался цикл, в котором конечная общая плотность дислокаций  $N_{tD} i$  после действия предыдущего импульса давления подставлялась как начальная плотность дислокаций  $N_{tD} i+1$  для следующего нагружения [1].

Расчеты проводились для многократного действия импульсов давления полусинусоидальной формы с амплитудами  $\sigma_A = 90$  МПа и  $\sigma_A = 180$  МПа. Длительность воздействующего импульса давления составляла  $t_e = 60$  мкс. Результаты расчетов приведены на рис. 1.

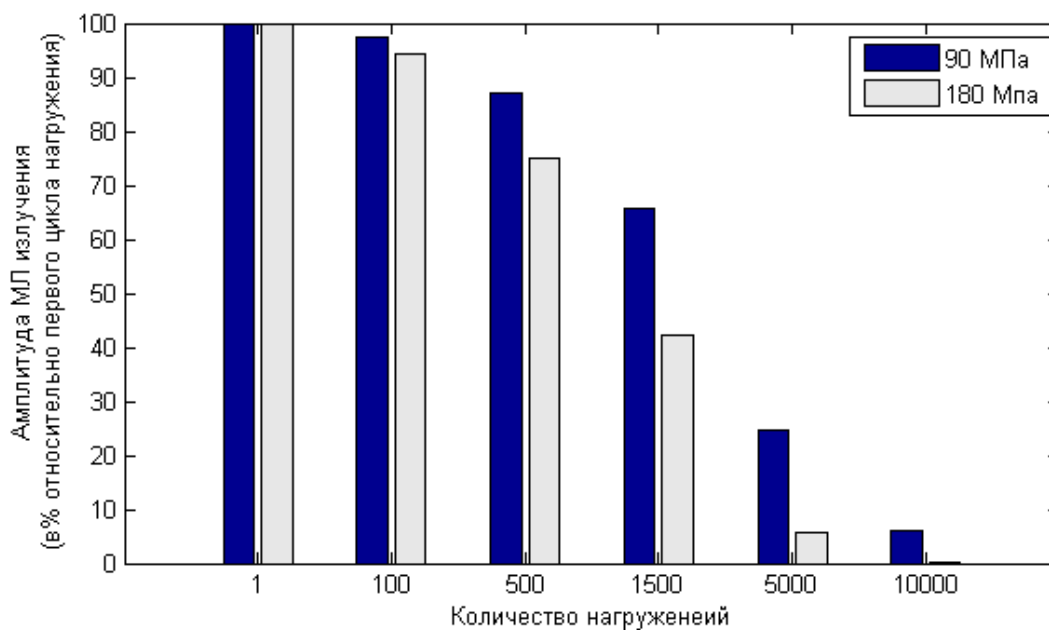


Рис. 1. Влияние количества циклов нагружения на амплитуду энергетической светимости механолуминесцентного чувствительного элемента

Результаты расчетов показали, что в первом случае ( $\sigma_A = 90$  МПа) спад интенсивности излучения вдвое происходит после 2600 нагружений, а во втором ( $\sigma_A = 180$  МПа) – после 1300 (количество циклов нагружения указано приблизительно).

Полученные величины спада излучения позволяют сделать вывод о возможности применения механолуминесцентных чувствительных элементов в условиях воздействий многократных импульсных давлений.

Получены характеристики изменения светимости в зависимости от количества нагружений при различной начальной плотности дислокаций ( $N_{tD}$ ). Для моделирования были выбраны значения плотности дислокаций, равноудаленные от критического значения ( $N_{tкр} = 10^{11}$ ). На рис. 2, 3 приведены зависимости светимости механолуминесцентного материала от количества нагружений для выбранных значений начальной плотности дислокаций ( $N_{tD} = 1,5 \cdot 10^{11}$  и  $N_{tD} = 0,5 \cdot 10^{11}$ ). Интервал между соседними кривыми составляет 100 нагружений.

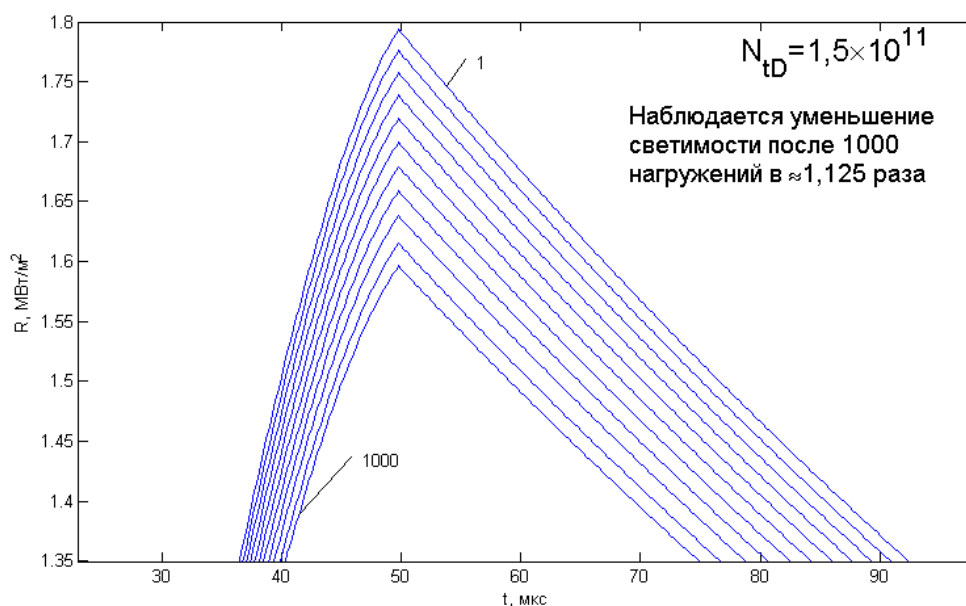


Рис.2 График светимости при  $N_{tD} = 1,5 \cdot 10^{11}$

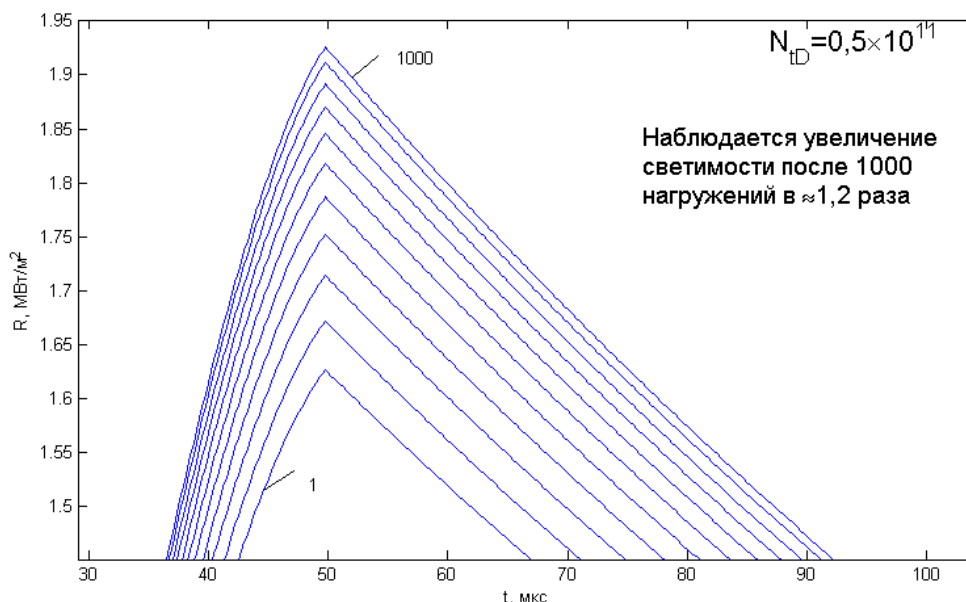


Рис.3 График светимости при  $N_{ID}=0,5 \cdot 10^{11}$

Из графиков на рис. 2, 3 видно, что при значениях  $N_{ID} > N_{кр}$  расчетная светимость механолюминесцентного материала уменьшается с увеличением числа нагружений. При значениях  $N_{ID} < N_{кр}$  величина светового потока увеличивается с ростом количества нагружений, причем по мере «приближения» значений  $N_{ID}$  к  $N_{кр}$  величина изменения светимости снижается.

При воздействии на механолюминесцентный материал серии нагружений амплитуда импульса давления оказывает значительное влияние на величину уменьшения энергетической светимости с ростом количества механических воздействий. Так при амплитуде импульса, равной 180 МПа снижение светимости механолюминесцентного материала на 30% происходит после 700 (здесь и далее количество циклов указано приблизительно) нагружений, при амплитуде 90 МПа такое же снижение светимости (30%) наблюдается после 1400 циклов нагружения. Снижение светимости на 70% при амплитуде 180 МПа происходит после 2000 нагружений, при амплитуде 180 МПа снижение светимости на такую же величину (70%) наблюдается после 4500 циклов нагружения.

Наиболее значимой характеристикой механолюминесцентного материала, влияющей на величину светимости является начальная плотность дислокаций. При значении начальной плотности дислокаций, характерной для монокристалла, величина светового потока, возникающего при каждом последующем импульсе нагружения, увеличивается вследствие увеличения плотности подвижных дислокаций. Увеличение светимости происходит при значениях начальной плотности дислокаций меньше значения критической плотности дислокаций. При величине начальной плотности дислокаций, превышающей критическое значение, с каждым последующим нагружением происходит уменьшение плотности подвижных дислокаций и соответственно снижается величина светового потока.

Знание выявленных зависимостей позволяет вводить корректировки при обработке сигналов механолюминесцентных датчиков, что в свою очередь приведет к повышению точности измерений при многократном использовании одного чувствительного элемента.

#### Литература

1. Татмышевский К.В. Механолюминесцентные сенсорные элементы. Основы теории, расчета и вопросы проектирования. Владимир: ВлГУ, 2004. 136 с.

#### References

1. Tatmyshevskij K.V. Mehanoljumescentnye sensornye jelementy. Osnovy teorii, rascheta i voprosy proektirovanija. Vladimir: VIGU, 2004. 136 s.

Волощенко Л. В.<sup>1</sup>, Карайченцева А.В.<sup>2</sup>, Копылова Н.Ю.<sup>3</sup>,

<sup>1,2</sup>Ассистент, <sup>3</sup>студент, Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕТЧАТКИ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

#### Аннотация

В данной статье рассмотрено влияние пшеничной клетчатки на функционально-технологические свойства модельных фаршевых систем и определение оптимального уровня внесения пшеничной клетчатки, с целью замены дорогостоящего мясного сырья и снижения калорийности продукта.

**Ключевые слова:** пшеничная клетчатка, пищевые волокна, мясные полуфабрикаты.

Voloschenko L.V.<sup>1</sup>, Karaychentseva A.V.<sup>2</sup>, Kopylova N.Y.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Assistant, <sup>3</sup>student Belgorod state agricultural University. V. Ya. Gorin

#### THE USE OF WHEAT TISSUE IN THE MEAT PRODUCTS TECHNOLOGY

#### Abstract

In this article influence of wheat cellulose on functional and technological properties model the farshevykh of systems and definition of an optimum level of introduction of wheat cellulose, for the purpose of replacement of expensive meat raw materials and decrease in caloric content of a product is considered.

**Keywords:** wheat cellulose, food fibers, meat semi-finished products.

Современные тенденции в питании человека, стремящегося вести здоровый образ жизни, требуют получения мясoproductов минимальной энергетической ценностью, с минимальным содержанием жира, повышенным содержанием белка, наличием веществ улучшающих пищеварение, всасывание и обмен веществ.



В связи с этим возникает необходимость обогащения повседневного рациона витаминами, минеральными веществами, микроэлементами, пищевыми волокнами, способствующих нормализации обменных процессов, поддержанию и укреплению здоровья, профилактике заболеваний, ускорению процесса выздоровления.

Потребление пищевых волокон в Европе и в России ниже оптимума, который составляет 25-35 граммов в сутки. Это определяет необходимость восполнения пищевых волокон в рационе человека различными путями [1].

Одним из способов решения данных проблем может являться применение пищевых волокон в рецептурах мясопродуктов. То есть получение функциональных пищевых продуктов. Это новое и перспективное направление в мясной индустрии, оно служит улучшению структуры питания, поддержанию здоровья и снижению риска развития заболеваний, таких как ожирение, сахарный диабет и другие. Основными направлениями профилактического действия функциональных пищевых продуктов являются повышение физической выносливости, иммунитета, улучшение функции пищеварения и регуляции аппетита, в частности, его снижение [2].

В рубленых мясных полуфабрикатах, при внесении клетчатки стабилизируются реологические характеристики фарша. Благодаря высокой влаго- и жиросвязывающей способности пищевая клетчатка улучшает процесс формирования, до 50% снижаются потери при жарке, при этом сохраняется сочность и поджаристый внешний вид.

При замораживании полуфабриката гидроксильные группы целлюлозы связывают молекулы воды, вследствие чего они не кристаллизуются, что приводит к улучшению качества, так как при размораживании кристаллики льда не разрушают стенки клеток. Следовательно, не происходит потеря мясного сока [1].

Также главной основой их применения являются способность связывать влагу и жир, создавать определенную структуру у готового продукта, и, наконец, безвредность использования данных добавок.

Целью данной работы является исследование функционально-технологических свойств модельных фаршевых систем из свинины, содержащих пшеничную клетчатку от 2% до 10%.

Основными задачами данной работы является установление оптимального уровня замены мясного сырья пшеничной клетчаткой, влияние пищевых волокон на водоудерживающую и водосвязывающую способность систем, разработка новых рецептур мясных полуфабрикатов (табл. 1). В качестве контрольного образца была принята рецептура котлет «Крестьянских».

Таблица 1 - Физико-химические показатели модельных фаршевых систем, содержащих пшеничную клетчатку

№ п/п	Показатели	Конт-роль	Замена 2%	Замена 4%	Замена 6%	Замена 8%	Замена 10%
1	2	3	4	5	6	7	8
Сырой фарш							
1	Массовая доля влаги, %	49,00	51,30	56,33	58,03	58,24	59,89
2	ВСС, к общей влаге, %	70,1	78,4	81,9	83,7	88,6	89,4
3	pH	6,08	6,15	6,24	6,31	6,36	6,42
Готовый продукт							
1	Массовая доля влаги, %	46,33	46,29	51,00	54,28	54,98	55,03
2	ВУС, %	37	42	45,82	48,81	51,8	56,1
3	pH	6,12	6,18	6,29	6,39	6,42	6,48

Из приведённых в таблице результатов видно, что пшеничная клетчатка оказывает положительное влияние на мясные полуфабрикаты. Массовая доля влаги, как в сыром, так и в готовом продукте с увеличением пищевых волокон возрастает относительно контрольного образца.

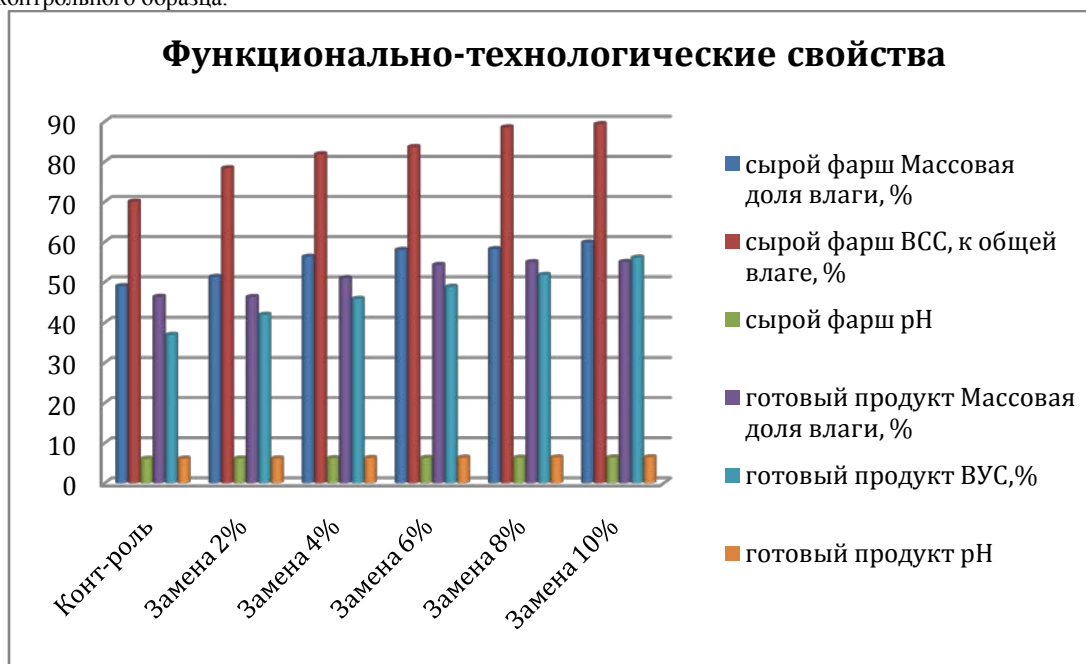


Рис.1- Функционально технологические свойства модельных фаршевых систем

Водосвязывающая способность мяса увеличивается, особенно в образцах с заменой мясного сырья от 6 до 10%. ВУС также возрастает относительно контрольного образца, это объясняется тем, что клетчатка способна удерживать влагу в продукте.

## Литература

1. Самылина В.А. Перспективы использования пищевых волокон/ В.А Самылина// Все о мясе. – 2013. - №3. – С. 36-38.

## 2. УСТИНОВА А.В. БЕЛЯКИНА Н.Е ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ НА МЯСНОЙ ОСНОВЕ/А.В.УСТИНОВА// ВСЕ О МЯСЕ.-2010.-№3.-С. 4-7.

## References

1. Samylyna V.A. Prospects of use of food fibers/VA of Samylin//All about meat. – 2013. - No. 3. – Page 36-38.
2. Ustinova of A.V. Belyakin N.E Functional food on a meat basis / A.B.Устинова//All about meat.-2010.-№3. - Page 4-7.

Волощенко Л.В.<sup>1</sup>, Копылова Н.Ю.<sup>2</sup>, Карайченцева А.В.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Ассистент, <sup>3</sup>студент, Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТЛОГО АЛЬБУМИНА КРОВИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Аннотация

Светлый пищевой альбумин, получаемый из плазмы крови, по пищевой и биологической ценности не уступает мясу. Он легко усваивается организмом. Его применение обеспечивает хорошие физико-химические свойства мясных систем. В связи с этим были проведены исследования и установлена оптимальная замена мясного сырья светлым пищевым альбумином.

**Ключевые слова:** светлый пищевой альбумин, кровь сельскохозяйственных животных, мясные полуфабрикаты.

Voloschenko L.V.<sup>1</sup>, Kopylova N.Yu.<sup>2</sup>, Karachentseva A. V.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Assistant, <sup>3</sup>student, Belgorod state agricultural University. V. Ya. Gorin

## THE USE OF BRIGHT BLOOD ALBUMIN IN THE PRODUCTION OF MEAT PRODUCTS

Abstract

Bright food albumin derived from human blood plasma, food and biological value is not inferior to the meat. It is easily absorbed by the body. It provides good physical-chemical properties of meat systems. In this regard, studies have been conducted and determined the optimal replacement of meat raw materials light food albumin.

**Keywords:** light food albumin, blood of farm animals, meat products.

В настоящее время актуальной проблемой является дефицит животного белка в рационе человека. Животный белок является сбалансированным по аминокислотному составу, легко усваивается и имеет высокую пищевую и биологическую ценность. Эта потребность в белке диктует необходимость поиска новых источников и способов использования ресурсов белка с наименьшими затратами [1].

Использование крови сельскохозяйственных животных и продукты её переработки в производстве мясных продуктов позволяют решить сразу две проблемы: экономия мясного сырья и внедрение безотходных технологий [1,2].

Светлый пищевой альбумин является полноценным легкоусвояемым белком плазмы. Он положительно влияет на функционально-технологические свойства мясных изделий. Позволяет использовать сырьё с различным ходом автолиза (PSE-мясо), жирное сырьё. При использовании светлого альбумина повышается водосвязывающая, гелеобразующая, эмульгирующая способности продукта, выход изделий, улучшается консистенция [2].

Целью нашей работы является изучение влияния светлого пищевого альбумина на функционально-технологические и органолептические показатели мясных полуфабрикатов.

Были поставлены следующие задачи: изучить оптимальный уровень замены мясного сырья светлым пищевым альбумином; определить функционально-технологические и органолептические показатели готового продукта; создать новые рецептуры мясных полуфабрикатов, с использованием пищевого альбумина.

Исследования проводились в Белгородском государственном аграрном университете им. В.Я. Горина в лаборатории кафедры технологии сырья и продуктов животного происхождения. Для исследования были выбраны образцы с заменой свинины светлым пищевым альбумином в концентрации от 5 до 10%. В качестве контрольного образца выбрана рецептура котлет «Киевских». На модельных фаршевых системах были проведены следующие исследования: pH, массовая доля влаги, водосвязывающая способность, потери, водоудерживающая способность, нежность мяса.

Таблица 1 - Физико-химические и органолептические показатели образцов модельных фаршевых систем из свинины, содержащие светлый пищевой альбумин

№ п/п	Показа-тели	Конт-роль	Замена 5%	Замена 6%	Замена 7%	Замена 8%	Замена 9%	Замена 10%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сырой фарш								
1	Массовая доля влаги, %	57,5	54,00	56,33	56,50	56,83	58,83	59,67
2	ВСС, к общей влаги, %	66,11	69,42	75,64	80,25	81,26	81,64	90,79
3	pH	5,87	6,22	6,36	6,55	6,57	6,59	6,64
Готовый продукт								
1	Массовая доля влаги, %	46,36	43,91	44,66	45,52	45,87	46,19	51,18
2	ВУС, %	35,38	35,60	39,82	40,59	41,10	43,47	48,880
3	pH	6,15	6,43	6,44	6,52	6,53	6,55	6,60
4	Нежность, см <sup>2</sup> /г							
5	Потери	13,29	15,78	15,18	13,11	12,30	11,54	10,15
6	Органолеп-тическая оценка	5	4,9	4,9	4,7	4,7	4	3,7

Из приведённых в таблице 1 результатов видно, что светлый пищевой альбумин оказывает положительное влияние на мясные полуфабрикаты. Массовая доля влаги, как в сыром, так и в готовом продукте с увеличением светлого альбумина возрастает относительно контрольного образца. Водосвязывающая способность мяса увеличивается, особенно в образцах с заменой мясного сырья от 6 до 10%. ВУС также возрастает относительно контрольного образца, это объясняется тем, что белок способен удерживать влагу в продукте. Водородный показатель изменяется незначительно. По органолептической оценке видно, что с увеличением концентрации светлого пищевого альбумина ухудшаются вкусовые характеристики продукта и его запах. Готовый продукт имеет в образцах с заменой 9 и 10% имеет сильно выраженный запах и вкус субпродуктовости.

## Литература

1. Антипова Л.В. Возможность использования плазмы крови убойных животных в новых белковых продуктах/ Л.В. Антипова, А.Л. Кульпина // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. - №5,6. - С.53-55.
2. Семенова А.А. Применение светлого альбумина при производстве мясопродуктов / А. А. Семенова, Ф. В. Холодов // Все о мясе. – 2008. – №6. – С. 33 – 37.

## References

1. L. Antipov B. the use of blood plasma of animals for slaughter in new protein foods/ L. V. Antipov, A. L. Culpina // Izvestiya vuzov. Food technology. 1998. No. 5,6. - P. 53-55.
2. Semenov A. A. the Use of bright albumin in meat production / A. A. Semenov, F. V. Cold weather // All of the meat. - 2008. - №6. - P. 33 - 37.

Малахова Т.А.<sup>1</sup>, Волощенко Л.В.<sup>2</sup>, Федорченко О.Г.<sup>3</sup>, Ефремова А.В.<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup>Ассистент<sup>1</sup>, <sup>3,4</sup>студент, Белгородский Аграрный Университет им. В.Я.Горина

### ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ТЕНТОРИУМ ПЛЮС» НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА ПТИЦЫ.

#### Аннотация

*В статье рассмотрено влияние биологически активной добавки «Тенториум плюс» на качественные показатели мяса птицы.*

**Ключевые слова:** птица, качество мяса, биологически активная добавка «Тенториум плюс».

Malakhova T.A.<sup>1</sup>, Voloschenko L.V.<sup>2</sup>, Fedorchenko O.G.<sup>3</sup>, Efremova A.V.<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup>Assistant, <sup>3,4</sup>student, Belgorod Agricultural University named after V.Ya.Gorin

### INFLUENCE OF THE TENTORIUM PLUS DIETARY SUPPLEMENT ON QUALITY INDICATORS OF FOWL.

#### Abstract

*In this paper we examine the effect of dietary supplement "Tentorium plus" on qualitative indicators of poultry meat.*

**Keywords:** poultry, meat quality, dietary supplement "Tentorium plus."

Птицеводство - является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, которая обеспечивает население ценными продуктами питания, а легкую промышленность – пером и пухом. Выращивание и содержание птицы требует меньших затрат живого труда и материальных средств на единицу продукции, чем в других отраслях животноводства.

Пищевая ценность мяса птицы характеризуется количеством и соотношением белков, жиров, витаминов, минеральных веществ и степенью их усвоения организмом человека; она обусловлена также энергетическим содержанием и вкусовыми свойствами мяса.

Достижения селекционеров и производителей кормов, витаминов, премиксов на научной основе позволили сократить период роста птицы при остающемся высоком живом весе птицы и повышение конверсии корма

Продукты пчеловодства оказывают положительный эффект на качественные показатели мяса птицы. Особый интерес в этом плане представляет биологически активная добавка «Тенториум плюс»[1]. Она включает в себя следующие продукты пчеловодства – цветочная пыльца (обножка) с добавлением витамина С (вытяжка из шиповника) и мед (ТУ 9122-002-43044551-01). Пыльца цветочная это совокупность пыльцевых зерен, образующихся в пыльниках семенных растений. Это тончайший порошок, который бывает, окрашен в разные цвета в зависимости от вида растений[1].

На сегодняшний день накоплено достаточно экспериментальных данных по химическому составу пыльцы. В результате научной работы, выполненной в НИИ пчеловодства, установили, что в нее входят следующие вещества: протеины, в том числе и белковые (альбумины, глобулины – в соотношении, соответствующем сыворотке крови), аминокислоты (все природные), пептиды (обуславливающие иммунные и другие свойства).

Эти белки по своей биологической ценности и содержанию аминокислот превосходят белок молока – казеин, являющийся по данному показателю одним из более полноценных.

В пыльце содержится много углеводов до 40%, в том числе глюкоза, фруктоза, рибоза, ксилоза и многие другие, а также небольшое количество сахарозы. Из липидов в пыльце обнаружены жиры 1-2%, фосфолипиды, фитостерины и другие[3].

Таким образом, сочетание меда и цветочной пыльцы, дают сбалансированный комплекс, состоящий из: белков, жиров, углеводов, витаминов и микроэлементов. Он обладает общеукрепляющим действием, способствует повышению эластичности сосудов, нормализации жирового обмена.

Впервые в условиях ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» на примере кросса «ISA-JV» будет изучено влияние комплексной биологически активной добавки «Тенториум плюс» на качественные показатели мяса птицы[3].

Биологически активная добавка «Тенториум плюс» (пчелиная обножка с добавлением витамина С и мед) представляет собой драже 2-3 мм в диаметре и массой 3 мг, покрытое микросферической оболочкой из сахара и натурального пчелиного воска, которая устраняет нежелательную гидрофильность, что способствует более длительному хранению добавки и сохранению биологической активности в полном объеме. Непосредственно перед скормливанием драже измельчают механическим способом до порошкообразного состояния. Подготовленную таким способом биологически активную добавку смешивают с основным рационом. Ежедневно цыплят-бройлеров с суточного возраста до конца откорма (42 суток) кормят комбикормом с предлагаемой биологически активной добавкой в разном количестве в зависимости от фазы кормления.

Всего различают четыре фазы кормления: I фаза от 0 до 10 суточного возраста, II фаза от 11 до 20 суточного возраста, III фаза от 21 до 33 суточного возраста, IV фаза от 34 до 42 суточного возраста цыплят-бройлеров. Контрольная группа I получала основной рацион в зависимости от фаз кормления: ПК-5-1 к, ПК-5-2 к, ПК-5 (ц), ПК-6. Опытная группа II получала основной рацион и биологически активную добавку «Тенториум плюс» (пчелиная обножка с добавлением витамина С и мед) в количестве: I фаза кормления – 6,5 мг/гол. в сутки, II фаза кормления – 11,7 мг/гол. в сутки, III фаза кормления – 22,4 мг/гол. в сутки, IV фаза кормления – 46,7 мг/гол. в сутки (2% от суточной нормы потребления цыплятами-бройлерами витамина С).

Опытная группа III получала также основной рацион и «Тенториум плюс» в количестве: 13 мг/гол. в сутки, 23,4 мг/гол. в сутки, 44,8 мг/гол. в сутки, 93,4 мг/гол. в сутки соответственно фазам кормления (4% от суточной нормы потребления цыплятами-бройлерами витамина С).

Опытная группа IV получала основной рацион и «Тенториум плюс» в количестве: 19,5 мг/гол. в сутки, 35,1 мг/гол. в сутки, 67,2 мг/гол. в сутки, 140,1 мг/гол. в сутки соответственно фазам кормления (6% от суточной нормы потребления цыплятами-бройлерами витамина С)[2].

После осуществления убоя тушки птиц, было проведено визуальное обследование опытной и контрольной групп, не выявившее никаких отклонений от норм. Отмечалось хорошее обескровливание тушек, все пробы мяса имели хорошо выраженную корочку подсыхания. После 24-часового хранения у мяса бройлеров контрольной и опытной групп скорость выравнивания ямок на поверхности после надавливания пальцем была одинаковой[3]. Таким образом, мяса бройлеров опытной группы соответствуют

ГОСТу и ничем не отличаются от показателей мяса контрольной группы. При органолептическом исследовании мяса у опытной группы имелись различия. Запах и вкус мяса после термообработки имел сладковатый оттенок. Что касается бульона наваристость и прозрачность опытной группы не отличалась от контрольной.

#### Литература

1. Мясные качества цыплят/Биологически активная добавка "Тенториум плюс" [Электронный ресурс] URL: <http://www.dissercat.com/> (дата обращения 23.02.2015).
2. Журавская Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясopодуктов: учеб. пособие для вузов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алекина, Л.М. Отряшенкова // – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 30 – 36.
3. Алейник С.Н. Состояние и перспективы развития отрасли птицеводства в Белгородской области / С.Н. Алейник // Белгородский агромир. -2006.-№4. С.

#### References

1. Mjasnye kachestva cypljat/Biologicheski aktivnaja dobavka "Tentorium pljus" [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.dissercat.com/> (data obrashhenija 23.02.2015).
2. Zhuravskaja N.K. Issledovanie i kontrol' kachestva mjasa i mjasoproduktov: ucheb. posobie dlja vuzov / N.K. Zhuravskaja, L.T. Alehina, L.M. Otrjashenkova // – M.: Agropromizdat, 1985. – S. 30 – 36.
3. Alejnik S.N. Sostojanie i perspektivy razvitiya otrasli pticevodstva v Belgorodskoj oblasti / S.N. Alejnik // Belgorodskij agromir. - 2006.-№4. S.

Малахова Т.А.<sup>1</sup>, Волощенко Л.В.<sup>2</sup>, Ефремова А.В.<sup>3</sup>, Федорченко О.Г.<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Ассистент, <sup>3,4</sup> студент, Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

### ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ГИДРОЛАКТИВ» НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСА КРОЛИКОВ

#### Аннотация

*В статье рассмотрено влияние кормовой добавки «ГидроЛактиВ» на качественные показатели мяса кроликов.*

**Ключевые слова:** кролики, качество мяса, кормовая добавка «ГидроЛактиВ».

Malakhova T.A.<sup>1</sup>, Voloshchenko L.V.<sup>2</sup>, Efremova A.V.<sup>3</sup>, Fedorchenko O.G.<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Aspirant, <sup>3,4</sup> student, Belgorod Agricultural University named after V.Ya. Gorin

### INFLUENCE FEED ADDITIVES "GIDROLAKTIV" ON QUALITY INDICATORS OF RABBIT MEAT

#### Abstract

*In this paper we examine the effect of the feed additive "GidroLaktiV" on quality indicators of meat rabbits.*

**Keywords:** rabbits, meat quality, feed additive "GilroLaktiV."

Продукты животного происхождения, а особенно мясо, являются одними из важнейших продуктов питания, т. к. содержат почти все необходимые для организма человека питательные вещества, в первую очередь, белок, липиды, витамины и минеральные вещества [2].

В технологии мясных продуктов особая ниша принадлежит переработке мяса кроликов. Высокую пищевую и биологическую ценность кроличьего мяса обуславливает, прежде всего, значительный (около 21,0 %) уровень белка.

По химическому составу мясо кролика выгодно отличается от мяса других сельскохозяйственных животных значительным количеством белка, умеренным жира, а незначительное содержание холестерина, пуриновых оснований делает его ценным в диетическом и лечебно-профилактическом питании. В мясе кроликов содержится полноценный белок, жир, минеральные вещества и витамины. Наряду с курятиной и телятиной, оно относится к белому мясу и отличается высоким содержанием полноценного белка, трудно усвояемых коллагенов и эластина в нем сравнительно мало. В среднем в крольчатине содержится 21,5% белка. Мясо молодых кроликов содержит много влаги – 74-77%, умеренное количество белков – 15-19%, немного жира – 5-6% и минеральных веществ – 1-1,1%. В мясе 3-5 месячных кроликов содержание белков и жира повышенное до 8%, калорийность его 150-190 ккал. Мясо взрослых кроликов имеет много жира - до 20%, калорийность его самая высокая до 300 ккал [3].

Современного потребителя все больше интересует влияние различных пищевых продуктов на его здоровье. Таким образом, перспективным направлением в мясной отрасли является производство продуктов с использованием мяса кроликов для диетического и лечебно-профилактического назначения, содержащих в необходимом количестве и составе нутриенты (минералы, витамины, добавки), способствующие улучшению отдельных функций организма и препятствующие возникновению заболеваний.

В настоящее время в нашей стране Российскими учеными (Р.М.Линд и др., 2004) была разработана и запатентована новая технология производства СГОЛ (сыворотка гидролизованная обогащенная лактатами). В настоящее время кормовая добавка СГОЛ получила новое название «ГидроЛактиВ».

Это отечественная экологически чистая кормовая добавка на основе молочной сыворотки. В ГидроЛактиВе содержится сложный комплекс биологически активных веществ: витамины микробного синтеза, пептиды и сывороточные белки с полным и сбалансированным набором незаменимых аминокислот, микро- и макроэлементы в виде легко усваиваемых органических соединений, ферменты и другие продукты микробного синтеза, а также высокоэнергетический лактат кальция и живые пробиотические культуры лактобактерий [1].

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный аграрный университет» были проведены исследования по изучению влияния скармливания кормовой добавки «ГидроЛактиВ» на качественные показатели мяса кроликов.

Содержали кроликов всех групп в отдельных групповых клетках отвечающих зоогигиеническим нормам. Кормовую добавку «ГидроЛактиВ» давали крольчихам в виде водного раствора утром до поения и кормления согласно установленной схеме: II (опытная) группа в количестве 2 г ежедневно, III (опытная) группа - 4 г на одну голову каждые третьи сутки (трехдневный цикл), IV (опытная) группа - 6 г на одну голову каждые пятые сутки (пятидневный цикл), крольчихам I (контрольной) группы кормовую добавку не выпаивали.

При визуальном осмотре мяса кроликов опытной и контрольной групп отмечали хорошее обескровливание тушек. Все пробы мяса имели хорошо выраженную корочку подсыхания. Тушки вытянуты, мышечная ткань хорошо развита, зернистость не выражена. Отложения подкожного жира в виде двух валиков в области лопаток. Поверхность мышц слегка влажная, но не липкая, не оставляет влажного пятна на фильтровальной бумаге. Консистенция плотная, при надавливании пальцем образующаяся ямка быстро выравнивается. Запах слабо выражен, свойственен свежему мясу кроликов. Подкожный и внутренний жир светло-розового цвета, без запаха, легко плавится.

При проведении пробы варкой бульон во всех случаях был прозрачный, ароматный. Постороннего запаха не выявлено.

После 24-часового хранения у мяса кроликов контрольной и опытной групп скорость выравнивания ямок на поверхности после надавливания пальцем была одинаковой. Таким образом, органолептические показатели мяса кроликов опытной группы соответствуют ГОСТу и ничем не отличаются от показателей мяса контрольной группы.

Таким образом, органолептические и физико-химические показатели мяса кроликов опытной и контрольной групп свидетельствуют о его соответствии государственным стандартам и возможности использования в пищу без ограничений (табл.1).

Таблица 1 - Сводные результаты физико-химических показателей качества мяса кроликов

Показатели	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
pH	6,35	6,05	6,41	6,47
ВСС, % к общей влаге	69,62	47,87	83,19	83,44
ВУС, %	83,36	91,63	92,16	91,18
Общая влага, %	71,08	78,38	74,3	75,25

Применение кормовой добавки «ГидроЛактиВ» в качестве кормовой добавки положительно влияет на рост, развитие животных и качество мяса, не обладает токсическими свойствами, поэтому добавка может быть использована в составе рациона сельскохозяйственных животных, в том числе и кроликов.

#### Литература

1. Мясное животноводство / Производство кормовых добавок [Электронный ресурс] URL: <http://www.lactiv.ru/> (дата обращения 25.02.2015).
2. Журавская Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов: учеб. пособие для вузов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина, Л.М. Отряженкова // – М.: Агропромиздат, 1985. - С. 30 - 36.
3. Плотников В.Г. Эволюция технологий в кролиководстве // Кролиководство и звероводство. 2010. №1. С. 17-22.

#### References

1. Mjasnoe zhivotnovodstvo / Proizvodstvo kormovyh dobavok [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.lactiv.ru/> (data obrashhenija 25.02.2015).
2. Zhuravskaja N.K. Issledovanie i kontrol' kachestva mjasa i mjasoproduktov: ucheb. posobie dlja vuzov / N.K. Zhuravskaja, L.T. Alehina, L.M. Otrjashenkova // – M.: Agropromizdat, 1985. - S. 30 - 36.
3. Plotnikov V.G. Jevoljucija tehnologij v krolikovodstve // Krolikovodstvo i zverovodstvo. 2010. №1. S. 17-22.

Волощенко Л.В.<sup>1</sup>, Трегубова А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ассистент, <sup>2</sup>студент, Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

#### ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯСА

#### Аннотация

В статье рассмотрено влияния обработки специальными препаратами ферментов животного и растительного происхождения на формирование органолептических и функционально-технологических свойств мясного сырья, а также дана сравнительная оценка способам ферментной обработки (погружением, сухой обсыпкой, инъектированием) с целью улучшения качества мяса.

**Ключевые слова:** ферментные препараты, инъектирование, погружение.

Voloshchenko L.V.<sup>1</sup>, Tregubova A.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>assistant, <sup>2</sup>student, the Belgorod state agricultural university of V. Ya. Gorin

#### INFLUENCE OF FERMENTAL PREPARATIONS ON ORGANOLEPTIC AND FUNKTSIONAL-TEHNOLOGICAL OF PROPERTY OF MEAT

#### Abstract

In article it is considered processing influences by special preparations of ferment of an animal and a phyto genesis on formation of organoleptic and functional and technological properties of meat raw materials, and also the comparative assessment is given to ways of fermental processing (immersion, dry sprinkling, an injetsirovaniye) for the purpose of improvement of quality of meat.

**Keywords:** fermental preparations, injetsirovaniye, immersion.

В рамках реализации мероприятий концепции государственной политики здорового и безопасного питания наиболее актуальным и новым является направление по созданию мясных продуктов с заданными свойствами (соотношением компонентов, пищевой и биологической ценностью, себестоимостью и так далее), обладающих общеукрепляющим и лечебно-профилактическим эффектом. Вместе с тем, решение проблемы связано с разработкой подходов по максимальному вовлечению всех, в том числе содержащих значительную долю коллагенсодержащих компонентов мясных продуктов.

Отечественный и мировой опыт свидетельствуют о целесообразности применения ферментных препаратов растительного, животного и микробиологического происхождения, обладающих протеолитической активностью и способных частично гидролизовать белки мяса с повышенным содержанием соединительной ткани.

Внесенные в сырьё ферментные препараты обеспечивают аналогичный автолитическому эффект трансформации белковых структур, при этом процессы созревания мяса под их влиянием протекают в 3-5 раз быстрее и заканчиваются в более короткие сроки. Ферментные препараты отличаются специфичностью воздействия на основные белки мяса - миозин, коллаген и эластин. Интенсивность и глубина превращений белковых структур мяса зависит от вида, дозировки препаратов, физико-химических условий, предопределяющих выраженность степени активности ферментов, продолжительности обработки. Под воздействием ферментов происходят существенные изменения белков мяса и, соответственно, системы экстрактивных веществ, что в итоге предопределяет формирование требуемой консистенции (нежности), уровня водосвязывающей и адгезионной способности, вкуса и запаха.

Ферментные препараты животного происхождения получают из поджелудочной железы убойных животных (свиней и крупного рогатого скота), слизистой оболочки желудков и сычугов. Эти ткани секретируют внеклеточные ферменты, из которых получают кристаллические медицинские и технические препараты протепсина, пепсина, трипсина, химотрипсина, панкреатина, коллагеназы и эластазы.

Основными ферментными препаратами растительного происхождения являются папаин, фицин, бромелайн.

Целью наших исследований было изучение влияния обработки специальными препаратами ферментов животного и растительного происхождения на формирование органолептических и функционально-технологических свойств мясного сырья, а также дать сравнительную оценку способам ферментной обработки (погружением, сухой обсыпкой, орошением, инъектированием).

Объектами исследования были выбраны: мясо свинины и говядины 2 сорта, ферменты животного происхождения пепсин, трипсин и растительный фермент бромелайн.

Ферментную обработку проводили следующими способами:

- 1) погружением в раствор фермента; 2) сухой обсыпкой; 3) инъектированием при введении препаратов в состав модифицированных посолочных смесей.

В качестве традиционного компонента посолочных смесей использовали поваренную соль. Применяли сухую поваренную соль (ферментная обработка сухой обсыпкой) и раствор поваренной соли с массовой долей 1...2 % (погружение, инъектирование) (табл.1).

В кусочках мяса в процессе обработки через равные промежутки времени (30 мин) в течение 1..2 ч определяют сенсорные характеристики: внешний вид, цвет на поверхности и на разрезе (органолептически) (табл.2).

Таблица 2 – Органолептические показатели исследуемых образцов мяса

Наименование сырья	Способ посола	Используемый ферментный препарат	Органолептические показатели мясного сырья			
			Внешний вид	Цвет на поверхности и разрезе	Вкус и аромат бульона	Средний балл
Свинина	Погружение в раствор фермента	Бромелайн	3	4	4	3,66
		Пепсин	4	4	3	3,66
		Трипсин	4	5	3	4,00
	Инъектирование	Бромелайн	4	5	4	4,33
		Пепсин	4	4	4	4,00
		Трипсин	5	4	3	4,00
	Сухая обсыпка	Бромелайн	4	4	4	4,00
		Пепсин	4	4	4	4,00
		Трипсин	4	4	3	3,66
Говядина	Погружение в раствор фермента	Бромелайн	5	4	4	4,33
		Пепсин	4	4	4	4,00
		Трипсин	4	5	4	4,33
	Инъектирование	Бромелайн	4	4	4	4,00
		Пепсин	4	4	4	4,00
		Трипсин	4	4	3	3,66
	Сухая обсыпка	Бромелайн	5	3	4	4,00
		Пепсин	4	4	4	4,00
		Трипсин	4	4	3	3,66

Из таблицы видно, что инъектирование и погружение в раствор фермента бромелайна и трипсина дает более высокие органолептические показатели (4,33) по сравнению с другими способами обработки и другими ферментными препаратами (4,00 и 3,66).

После определения функционально-технологических свойств мяса после обработки ферментными препаратами, пришли к выводу, что влагосвязывающая способность выше и мясо более нежное при инъектировании раствором фермента трипсина, так же как и потери после тепловой обработки меньше при данном способе.

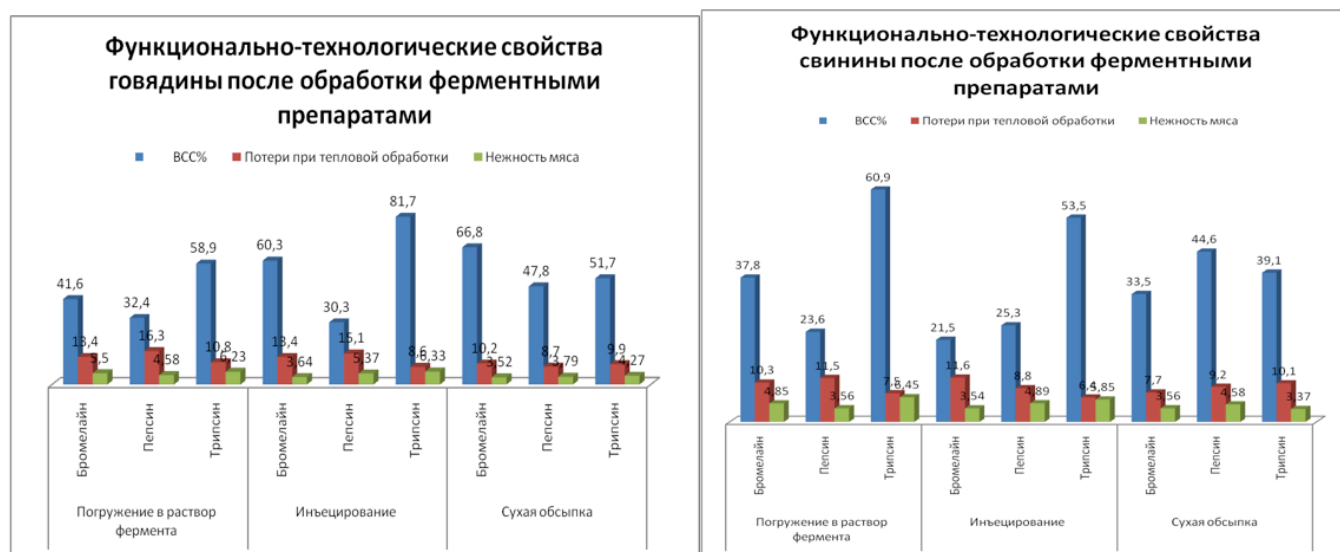


Рис. 1 – ФТС говядины и свинины после обработки ферментными препаратами.

Таким образом, применение ферментных препаратов способствует созданию малоотходных технологий, позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшить качество полуфабрикатов и готовой продукции, расширить их ассортимент, уменьшить расход сырья на единицу выпускаемой продукции, повысить культуру производства, улучшить условия труда, уменьшить загрязненность и количество сточных вод.

#### Литература

1. Антипова Л.В., Подвигина Ю.Н., Косенко И.С. Применение ферментных препаратов в технологии производства мясных изделий // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 6 – С. 134-135.

2. Батаева Д. С. Ферменты для обработки мяса Текст. / Д. С. Батаева. // Все о мясе. 1999.- №3.-С. 39-41.
3. Волощенко Л.В. Практикум по дисциплине «Химия пищи» / Л.В. Волощенко, Н.П. Салаткова. – Белгород: изд-во БелГСХА, 2012 – 25с.

#### References

1. Antipova L.V., Podvigina Ju.N., Kosenko I.S. Primenenie fermentnykh preparatov v tehnologii proizvodstva mjasnykh izdelij // Fundamental'nye issledovaniya. – 2008. – № 6 – S. 134-135.
2. Bataeva D. S. Fermenty dlja obrabotki miasa Tekst. / D. S. Bataeva. // Vse o mjase. 1999.- №3.-S. 39-41.
3. Voloshhenko L.V. Praktikum po discipline «Himija pishhi» / L.V. Voloshhenko, N.P. Salatкова. – Belgorod: izd-vo BelGSHA, 2012 – 25s.

Гаврушко В.В.<sup>1</sup>, Ионов А.С.<sup>2</sup>, Кадриев О.Р.<sup>3</sup>, Ласткин В.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор, <sup>2</sup>Аспирант, <sup>3</sup>Студент, <sup>4</sup>Кандидат технических наук, Новгородский государственный университет

#### ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ИМПЛАНТАЦИИ ДОНОРОВ НА СПЕКТРАЛЬНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОДИОДОВ

*Аннотация.*

В статье приведены сведения о технологии получения и спектральной чувствительности кремниевых фотоприемников, полученных имплантацией мышьяка в диапазоне доз 200 - 1000 мкКл/см<sup>2</sup>. Установлена возможность смещения коротковолновой границы чувствительности при увеличении дозы легирования.

**Ключевые слова:** Фотоприемник, кремний, ионная имплантация, спектральная характеристика.

Gavruško V.V.<sup>1</sup>, Ionov A.S.<sup>2</sup>, Kadriev O.R.<sup>3</sup>, Lastkin V.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. of Engineering; <sup>2</sup>Postgraduate; <sup>3</sup>Student; <sup>4</sup>PhD in Engineering, Novgorod State University

#### INFLUENCE DOSE IMPLANTATION OF DONORS ON THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF SILICON PHOTODIODES

*Annotation.*

This article provides information about technology and spectral response of Silicon Photodetectors received implantation of arsenic in the range of doses of 200-1000  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ . The possibility of shifting the border short-wave sensitivity when increasing doses of doping.

**Keywords:** The photodetector, silicon, ion implantation, spectral characteristics.

Спектральная характеристика является определяющей при выборе приемника оптического излучения для решения конкретных прикладных задач. В связи с этим возможность формирования и оптимизации спектральной характеристики фотоприемника является актуальной задачей. Получить нужный вид спектральной характеристики можно с помощью внешних фильтров, расположенных перед широкодиапазонным фотоприемником [1]. Однако такой вариант усложняет конструкцию прибора, увеличивает его габариты и стоимость. Перспективным является способ получения фоточувствительных структур с требуемыми характеристиками в процессе их изготовления. Например, в работе [2] предлагалось для уменьшения длинноволновой границы чувствительности использовать подложки с повышенной степенью легирования. Так при увеличении исходной концентрации примеси в подложке до  $10^{17} \text{ см}^{-3}$  длинноволновая граница чувствительности уменьшилась до 0,95 мкм вместо обычных значений около 1,1 мкм. Эффективным способом уменьшения области собирания носителей является создание в структуре фотодиода тормозящего электрического поля для неосновных носителей, движущихся из подложки к р-п-переходу [3]. При этом наблюдалось смещение длинноволновой границы чувствительности до 0,8 мкм. Таким образом, технологические методы позволяют формировать правую границу чувствительности в указанных пределах. Коротковолновый край чувствительности для кремниевых фотоприемников обычно лежит в УФ области. Однако, существуют задачи, требующие контролируемого сдвига левой границы в видимую область спектра. В настоящей работе сообщается о возможности управления коротковолновой границей спектральной характеристики кремниевых фотоприемников путем вариации дозы имплантации мышьяком.

Структура исследованных фотоприемников приведена на рисунке 1.

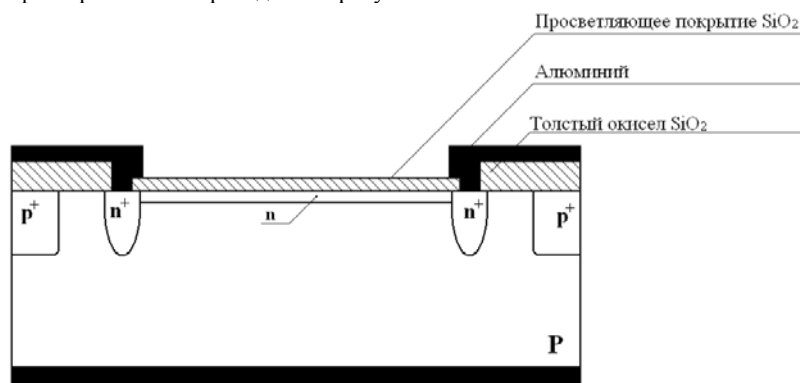


Рис. 1. Структура фотоприемника

Исходным материалом служил кремний р-типа с удельным сопротивлением 10 Ом·см. Диоды с мелкими р-п-переходами, были сформированы ионной имплантацией мышьяка. Легирование осуществлялось в диапазоне доз 200 - 1000 мкКл/см<sup>2</sup>, при энергии 50 кэВ. С целью уменьшения коэффициента отражения падающего излучения на фоточувствительной области выращивалась антиотражающая плёнка SiO<sub>2</sub>, толщиной около 60 нм. После термического отжига, как показали наши измерения, формировался р-п-переход с хорошими электрическими характеристиками. Для обеспечения омического контакта с n-слоем по его периферийной области проводилась подконтактная n<sup>+</sup> диффузия фосфора на глубину около 2 мкм. Диффузионные р<sup>+</sup> области служили для ограничения канала инверсии, вносимого зарядом окисла. Омический контакт получался напылением алюминия с последующим вжиганием при температуре 450°C. Размер чувствительной области составлял 2,7 x 2,7 мм<sup>2</sup>. Для исследования спектральных характеристик фотоприемников использовалась установка на основе монохроматора с дифракционной решеткой МДР-12У. В качестве источника света перед монохроматором была использована водородная лампа, дающая интенсивное излучения в УФ диапазоне.

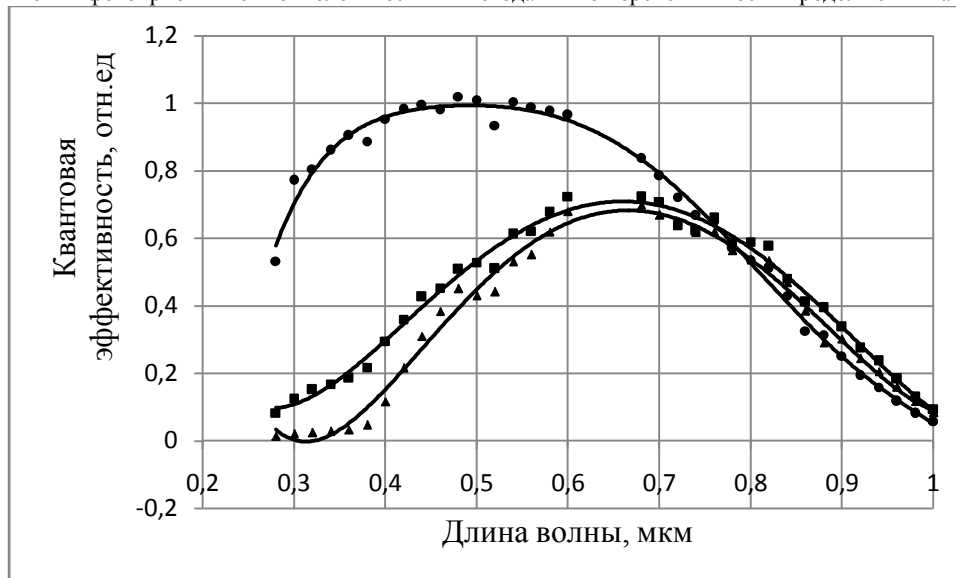
На рисунке 2 приведены спектральные характеристики трех фотодиодов, полученных с дозами легирования 200, 500 и 1000 мкКл/см<sup>2</sup>. Характеристики построены для равного потока падающих квантов. Как следует из полученных данных, при увеличении



дозы легирования наблюдалось заметное снижение чувствительности в ультрафиолетовой области спектра. Коротковолновая граница смещалась из области среднего ультрафиолета к границе видимого излучения. Так при дозе 1000 мкКл/см<sup>2</sup> она соответствовала 0,4 мкм.

Коэффициент поглощения излучения кремнием в диапазоне 0,25 – 0,35 мкм имеет величину порядка 10<sup>6</sup> см<sup>-1</sup>. Это означает, что генерация фотоносителей происходила на малой глубине, соизмеримой с размерами области имплантации мышьяка. В таком случае наблюдаемое снижение чувствительности в ультрафиолетовой области можно связать с увеличением концентрации структурных дефектов, присущих процессу ионной имплантации [4]. Наличие дефектов способствует рекомбинации фотоносителей в приповерхностной области и как следствие приводит к снижению чувствительности фотоприемника при росте дозы легирования. Кроме того, на снижении коэффициента сбора фотоносителей может оказывать влияние увеличение глубины залегания р-п перехода, что также наблюдается при росте дозы имплантации.

Результаты, этой работе, свидетельствуют о возможности управления коротковолновой границей спектральной характеристики кремниевых фотоприемников технологическими методами и о перспективности продолжения таких исследований.



● - доза легирования 200 мкКл/см<sup>2</sup>, ■ - 500 мкКл/см<sup>2</sup>, ▲ - 1000 мкКл/см<sup>2</sup>.

Рис.2 . Спектральные характеристики фотодиодов.

#### Литература

1. Гаврушко В.В., Ласткин В.А. Широкодиапазонный кремниевый фотодиод // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер. Технические науки. - 2014. № 81. С.53-55.
2. Гаврушко В.В., Ионов А.С., Ласткин В.А. Кремниевые фотоприемники с высокой чувствительностью к УФ излучению. // Датчики и Системы. – 2009. № 6 (121). С.49–51.
3. Гаврушко В.В., Ласткин В.А. Селективные датчики ультрафиолетового излучения на основе кремния. // Вестник новгородского государственного университета. – 2011. № 65 С.17–20.
4. Б. В. Павлык [и др.] Совершенство поверхности кристаллов p-Si и радиационно-стимулированные изменения характеристик поверхностно-барьерных структур // Физика и техника полупроводников. - 2012. - Т. 46, вып. 8. - С. 1017-1021.

#### References

1. Gavrushko V.V., Lastkin V.A. Shirokodiapazonnyj kremnievyj fotodiod // Vestn. Novg. gos. un-ta. Ser. Tehniceskie nauki. - 2014. № 81. S.53-55.
2. Gavrushko V.V., Ionov A.S., Lastkin V.A. Kremnievye fotopriemniki s vysokoj chuvstvitel'nost'ju k UF izlucheniju. // Datchiki i Sistemy. – 2009. № 6 (121). S.49–51.
3. Gavrushko V.V., Lastkin V.A. Selektivnye datchiki ul'traioletovogo izluchenija na osnove kremnija. // Vestnik novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2011. №65 S.17–20.
4. B. V. Pavlyk [i dr.] Sovershenstvo poverhnosti kristallov p-Si i radiacionno-stimulirovannye izmenenija harakteristik poverhnostno-bar'ernyh struktur // Fizika i tehnika poluprovodnikov. - 2012. - T. 46, vyp. 8. - S. 1017-1021.

Газиева Л.Р.<sup>1</sup>, Уразбахтина Ю.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Магистрант первого года обучения, Уфимский государственный авиационный технический университет, <sup>2</sup>Доцент, кандидат технических наук, декан факультета Авионики, энергетики и инфокоммуникаций, Уфимский государственный авиационный технический университет

#### ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЛОДА С АДАПТИВНЫМ БЛОКОМ ФИЛЬТРАЦИИ ШУМОВ

#### Аннотация

В статье дается краткое описание методов оценки сердцебиения плода. В данной работе предлагается устройство, с помощью которого можно определять состояние плода путем прослушивания его сердцебиения. Принцип работы устройства основан на эффекте Доплера. Приводится схема структурная системы для оценки сердечной деятельности плода. Подробно описывается принцип действия устройства. Предлагается введение цифрового адаптивного фильтра для устранения помех, вызываемых функционированием органов матери.

**Ключевые слова:** сердцебиение плода, эффект Доплера, ультразвуковые колебания, частота сердечных сокращений плода.

Gazieva L.R.<sup>1</sup>, Urazbaxтина J.O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magistr, Ufa state aviation technical university, <sup>2</sup>Associate professor, Candidate of Technical Sciences, dean of faculty of Avionics, power and infokommunikation, Ufa state aviation technical university

#### INFORMATION AND MEASURING SYSTEM FOR AN ASSESSMENT OF CARDIAC ACTIVITY OF A FETUS WITH THE ADAPTIVE BLOCK OF A FILTRATION OF HUMS

The article gives a brief description of the methods for assessing fetal heartbeat. The scheme of structural Doppler device for determining the fetal heart rate with intelligent signal processing unit. Describes in detail the principle of operation of the device. Proposes the introduction of digital adaptive filter to eliminate interference caused by the operation of the mother.

**Keywords:** heartbeat of a child, Dopler's effect, ultrasonic fluctuations, child heart rate.

Сердцебиение плода — это один из показателей его развития. По частоте и характеру сердцебиения можно определить различные заболевания и отклонения в развитии ребенка, например, аритмия, гипоксия, порок сердца, а также можно установить замершую беременность. Именно поэтому современные врачи, акушеры и гинекологи стараются мониторировать работу сердца плода на протяжении всего хода беременности и, особенно, во время родов.

Для оценки сердцебиения и контроля над всей сердечной деятельностью плода используются различные методы:

- Аускультация
- Эхокардиография
- Электрокардиография плода
- Кардиотокография
- Ультразвуковое исследование
- Фетальный доплер

Нами предлагается устройство, предназначенное для прослушивания сердцебиения и определения ЧСС плода, работа которого основана на эффекте Доплера.

В основу принципа работы разрабатываемого устройства положена способность ультразвуковых колебаний отражаться от границ раздела физических структур, обладающих различным акустическим сопротивлением. При посылке зондирующего импульса ультразвуковых колебаний в исследуемое тело он распространяется в нем прямолинейно со скоростью, зависящей от свойств среды. От каждой расположенной на пути импульса границы акустической неоднородности часть ультразвуковой энергии отражается, остальная энергия продолжает распространяться вглубь тела, постепенно затухая из-за поглощения в среде.[1]

На рис.1 приведена структурная схема информационно-измерительной системы для оценки сердечной деятельности плода с адаптивным блоком фильтрации шумов.

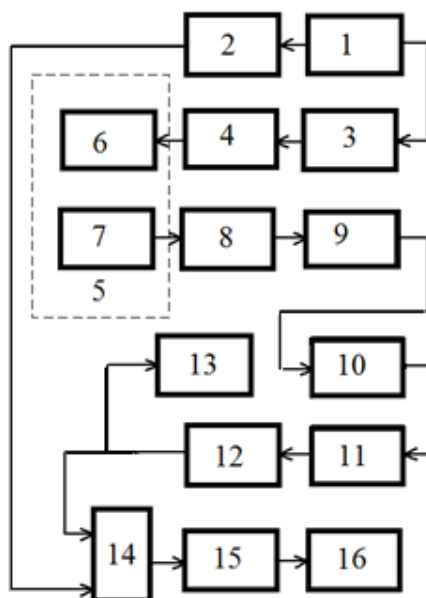


Рис.1 - Структурная схема информационно-измерительной системы для оценки сердечной деятельности плода с адаптивным блоком фильтрации шумов.

1-генератор; 2-блок тестового сигнала; 3-усилитель мощности, 4-согласующее устройство; 5- датчик; 6-излучающая пьезопластина; 7-принимающая пьезопластина; 8-усилитель высоких частот; 9-фильтр полосно-пропускающий; 10 – цифровой адаптивный фильтр; 11-амплитудный детектор; 12- усилитель низких частот; 13-звуковой динамик; 14-коммутатор режима; 15- микроконтроллер; 16-дисплей.

Устройство работает следующим образом:

При включении прибора датчик 5, который состоит из двух пьезопластин 6 и 7, устанавливается на животе беременной женщины.

Датчик представляет собой цилиндрическую трубку, на конце которой размещены две пьезоэлектрические пластины необходимые для получения ультразвуковых импульсов: одна пластина является излучателем, вторая – принимающая пластина.

Генератор 1, создает импульсы, которые возбуждают пьезопластину 6. С генератора 1 усиленный в усилителе мощности 3 электрический сигнал через согласующее устройство поступает на пьезопластину 6, в ней электрические сигналы преобразуются в ультразвуковые волны. Ультразвуковые колебания через переднюю брюшную стенку беременной женщины проникают вглубь ее организма. Эти колебания распространяются в организме женщины, отражаясь от различных акустических неоднородностей, в частности от стенок сердца плода.

Отраженный от стенки сердца плода сигнал поступает на приемную пьезопластину 7, в которой акустические сигналы преобразуются в электрические.

Далее сигнал поступает на усилитель высоких частот (УВЧ) 8. Для того чтобы выделить сигнал, соответствующий сердцебиению плода используется фильтр полосно-пропускающий 9.

С помощью амплитудного детектора (АД) 11, выделяются максимальные пики сигнала, соответствующие сердцебиению плода. С АД сигнал поступает на усилитель низких частот (УНЧ) 12 для усиления частоты сигнала до диапазона, которая воспринимается человеческим ухом.

Усиленный сигнал поступает на звуковой динамик 13, с помощью которого можно прослушать сердцебиение плода.

Также сигнал с УНЧ через коммутатор режима поступает на вход микроконтроллера 15, в котором с помощью встроенного таймера происходит подсчет прямоугольных импульсов, соответствующих сердцебиению. Подсчитанное число импульсов выводится на дисплей 16, на котором отображается информация о ЧСС в ударах в минуту.

Точность результата у разрабатываемого устройства, главным образом, будет зависеть от точности подсчета частоты микроконтроллером. В разрабатываемом устройстве предусмотрена функция тестирования, которая позволяет проверить правильность работы устройства.

Для ее реализации используется тестовый сигнал:

Сигнал с генератора поступает на блок тестового сигнала 2. Далее сигнал через коммутатор режима 14 поступает на вход микроконтроллера 15, в котором аналогично расчетам ЧСС производится расчет частоты тестового сигнала.

Для устранения помех, созданных функционированием органов матери в схему введен адаптивный цифровой фильтр 10.



Рис. 2 - Спектр сигнала сердцебиения плода

На рис.2 изображен спектр сигнала сердцебиения плода, который получают без обработки в цифровом адаптивном фильтре. Спектр такого сигнала несет в себе информацию о частоте сердцебиения матери и плода, о кровотоке в венах и артериях, информацию о функционировании органов матери и плода, а также различные сетевые помехи и шумы, которые могут быть оценены как полезный сигнал. Все помехи являются независимыми случайными процессами, которые не всегда можно устранить с помощью полосовых фильтров. Поэтому в устройство введен цифровой адаптивный фильтр Винера, который дает возможность получить оптимальную фильтрацию, принимая во внимание статистические характеристики сигнала и шума. [2]

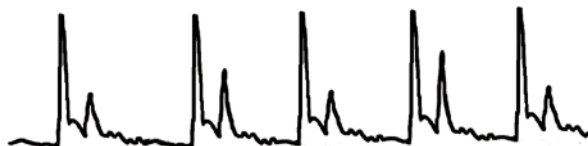


Рис.3 - Спектр сигнала сердцебиения плода после обработки цифровым адаптивным фильтром

На рис.3 показан спектр сигнала сердцебиения плода, отфильтрованного с помощью цифрового адаптивного фильтра (например, фильтр Винера). С помощью такой системы фильтров можно исключить все возможные помехи и шумы из полезного сигнала.

#### Заключение

Диагностическая аппаратура, предназначенная для регистрации параметров жизнедеятельности плода, находит применение в основном в условиях лечебно-профилактических учреждений. Поэтому весьма актуальным является проведение работ в области проектирования портативных фетальных доплеров – аппаратов самостоятельного наблюдения за сердцебиением плода, что позволит будущей маме самостоятельно отслеживать состояние ребенка, начиная с двенадцатой недели беременности в комфортных условиях дома.

Отличительной особенностью разрабатываемого устройства от аналогов является наличие фильтра, что позволяет уменьшить влияние помех на полезный сигнал. Микроконтроллер обеспечивает точный расчет ЧСС. Наличие блока тестового сигнала позволяет проверить правильность работы устройства. Наличие в системе фильтра Винера позволяет устранить шумы и помехи, создаваемые сердцебиением матери и функционированием различных органов матери и плода.

#### Литература

1. Попечителей Е.П. и др. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы [Текст]: Учебник / Н.А. Корнелевский, Е.П. Попечителей, С.П. Серегин; Курск.гос.техн.ун-т. – Курск: ОАО «ИПП «Курск», 2009. – 98бс. (физические основы ультразвука)
2. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход./ Пер.с англ. под ред. А.П. Немирко. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 440 с. (Фильтрация для устранения артефактов)

#### References

1. Popenchitelev EP et al. Medical devices, machines, systems and complexes [Text]: Tutorial / NA Kornelevsky, EP Trustees, SP Seregin; Kursk.gos.tehn.un-t. - Kursk: "IPP" Kursk ", 2009. - 98bs. (Physical principles of ultrasound)
2. Rangayyan RM Analysis of biomedical signals. A Practical Approach. / Per.s Eng. Ed. AP Nemirko. - M.: FIZMATLIT, 2007. - 440 p. (Filtering to eliminate artifacts)

**Кабаков З. К.<sup>1</sup>, Грибкова Ю. В.<sup>2</sup>, Габелая Д. И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>Кандидат технических наук, <sup>3</sup>Кандидат технических наук, Череповецкий государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ШТАБЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ХОЛОДНОМ СКЛАДЕ

#### Аннотация

*В статье представлена математическая модель, в которой учитывается тепловое влияние соседних штабелей на процесс охлаждения. На основе проведенного анализа установлено, что при оценке продолжительности охлаждения штабеля необходимо учитывать влияние геометрии штабеля и расстояния между соседними штабелями на степень экранирования излучения от рассматриваемого штабеля соседним штабелем.*

**Ключевые слова:** математическая модель, продолжительность охлаждения, тепловое взаимовлияние, сляб, штабель.

**Kabakov Z. K.<sup>1</sup>, Gribkova Y. V.<sup>2</sup>, Gabelaya D. I.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, <sup>2</sup>Candidate of Technical Sciences, <sup>3</sup>Candidate of Technical Sciences, Cherepovets State University

#### INVESTIGATION OF CROSS STACKS ON THE PROCESS OF THEIR COOLING IN COLD STORAGE

The paper presents a mathematical model, which takes into account the thermal influence of neighboring stacks on the cooling process. Based on the analysis found that in assessing the duration of the cooling stack is necessary to consider the influence of the geometry of the stack and the distance between adjacent stacks on the degree of radiation shielding from the considered stack adjacent stack.

**Keywords:** mathematical model, the duration of cooling, thermal influence in return, slab pile.

Складирование непрерывнолитых слэбов на холодном складе с целью их дальнейшего охлаждения производится строго поплавно в штабеля высотой не более 4 м. Рядовой металл охлаждается в штабелях до температуры не выше 60 °С. Продолжительность охлаждения штабеля зависит от многих факторов, которые не учитываются при обработке слэбов на холодном складе. В частности, не учитывается взаимное тепловое влияние на процесс охлаждения штабелей.

При построении модели предполагаем, что штабель формируется из слэбов одной плавки и рассматривается сплошным телом. В силу симметрии охлаждения штабеля с боковых сторон будем рассматривать только ¼ часть штабеля (Рис. 1).

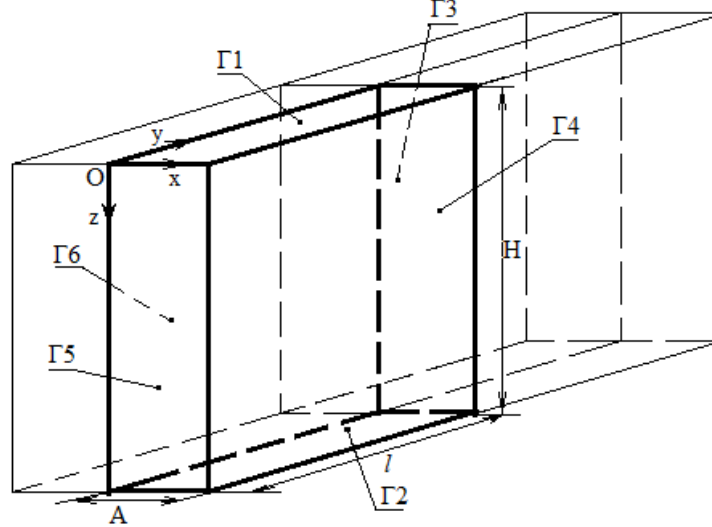


Рис. 1 - Схема выделенной расчетной области из рассматриваемого тела: A,  $\ell$  – половина ширины и длины штабеля, соответственно, м, H – высота штабеля, м,  $\Gamma_i$  – поверхности, ограничивающие расчетную область,  $i = 1..6$

Температуру тела в начальный момент времени предполагаем неравномерной по ширине, высоте и длине штабеля. С учетом принятых допущений математическое описание тепловых процессов включает трехмерное уравнение теплопроводности в виде:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right), \quad (1)$$

заданное в области:  $0 \leq x \leq A, 0 \leq y \leq l, 0 \leq z \leq H, 0 \leq t \leq t_k$  (рисунок 1),

при начальном условии:  $T|_{t=0} = f(x, y, z)$  (2)

и условиях на границах расчетной области (рисунок 1):

$$\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_5: -\lambda \frac{\partial T}{\partial w} = \alpha_k (T_n - T_{cp}) + \sigma_0 \varepsilon (T_n^4 - T_{cp}^4), \quad w = y, z, \quad (3)$$

$$\Gamma_4: -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_k (T_n - T_{cp}) + \sigma_0 \varepsilon (1 - \phi_{dF_1, F_2}) (T_n^4 - T_{cp}^4), \quad (4)$$

$$\Gamma_3, \Gamma_6: \lambda \frac{\partial T}{\partial w} = 0, \quad w = x, y. \quad (5)$$

Здесь:  $\lambda = \lambda(T)$  – теплопроводность стали;  $\rho = \rho(T)$  – плотность стали;  $c = c(T)$  – теплоемкость стали;  $t_k$  – конечное время процесса;  $\varepsilon$  – степень черноты поверхности слэба;  $\sigma_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела;  $\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи конвекцией;  $\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием;  $T_{cp}$ ,  $T_n$  – температура окружающей среды и температура поверхности слэба;  $\phi_{dF_1, F_2}$  – локальный угловой коэффициент переноса энергии эффективного излучения элементарной поверхности  $dF_1$  на поверхность  $F_2$ .

С помощью локального углового коэффициента излучения  $\phi_{dF_1, F_2}$  в формуле (4) учитывается влияние теплового излучения соседнего штабеля на процесс охлаждения рассматриваемого штабеля (Рис. 2).

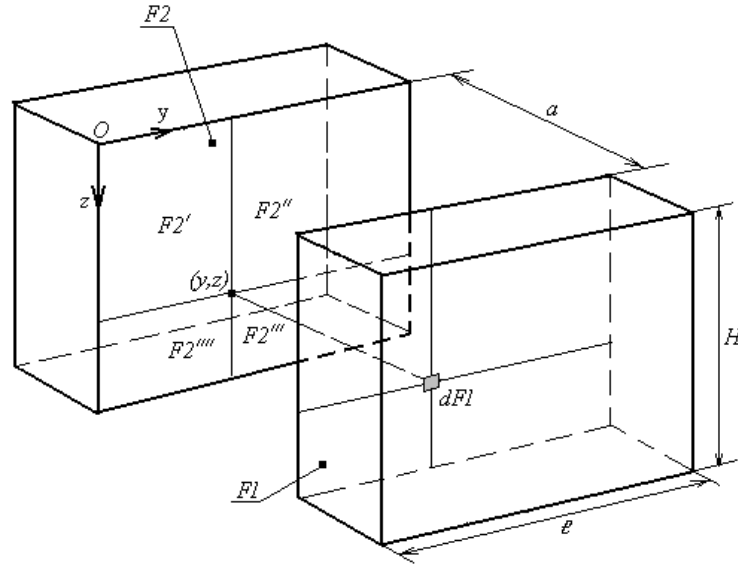


Рис. 2 - Схема к расчету углового коэффициента излучения от элементарной площадки  $dF_1$  поверхности  $F_1$  на поверхность  $F_2$ :  $a$  – расстояние между штабелями,  $2l, H$  – соответственно, длина и высота штабелей.

Локальный угловой коэффициент  $\phi_{dF_1, F_2}$  характеризует долю лучистой энергии от элемента площади  $dF_1$  поверхности  $F_1$  рассматриваемого штабеля, попадающей на поверхность  $F_2$  соседнего штабеля, и которая при одинаковой температуре площадей экранируется площадью  $F_2$  соседнего штабеля. В результате этого полное излучение площадки  $dF_1$  уменьшается в  $(1 - \phi_{dF_1, F_2})$  раз (формула (4)).

Таким образом, коэффициент  $\phi_{dF_1, F_2}$  соответствует степени экранирования излучения поверхности  $F_1$  соседнего штабеля на поверхность  $F_2$  рассматриваемого штабеля. При  $\phi_{dF_1, F_2} = 0$  (при  $a \rightarrow \infty$ ) экранирование отсутствует, а при  $\phi_{dF_1, F_2} = 1$  (при  $a \rightarrow 0$ ) наступает полное экранирование.

Формула для расчета  $\phi_{dF_1, F_2}$  получена с помощью методики, приведенной в работе [1]. В системе координат, приведенной на Рис. 2, она имеет вид:

$$\begin{aligned} \phi_{dF_1, F_2} = & \frac{1}{2\pi} \left( \frac{B + \xi}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2}} \cdot \arcsin \frac{C - \eta}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2 + (C - \eta)^2}} + \right. \\ & + \frac{C - \eta}{\sqrt{1 + (C - \eta)^2}} \cdot \arcsin \frac{B + \xi}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2 + (C - \eta)^2}} + \frac{B - \xi}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2}} \cdot \\ & \cdot \arcsin \frac{C - \eta}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2 + (C - \eta)^2}} + \frac{C - \eta}{\sqrt{1 + (C - \eta)^2}} \cdot \arcsin \frac{B - \xi}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2 + (C - \eta)^2}} + \\ & + \frac{B - \xi}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2}} \cdot \arcsin \frac{C + \eta}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2 + (C + \eta)^2}} + \frac{C + \eta}{\sqrt{1 + (C + \eta)^2}} \cdot \\ & \arcsin \frac{B - \xi}{\sqrt{1 + (B - \xi)^2 + (C + \eta)^2}} + \frac{B + \xi}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2}} \cdot \arcsin \frac{C + \eta}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2 + (C + \eta)^2}} + \\ & \left. + \frac{C + \eta}{\sqrt{1 + (C + \eta)^2}} \cdot \arcsin \frac{B + \xi}{\sqrt{1 + (B + \xi)^2 + (C + \eta)^2}} \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\xi = \frac{y}{a}$ ,  $\eta = \frac{z}{a}$  – относительные переменные,  $B = \frac{l}{a}$ ,  $C = \frac{H}{2a}$  – относительные расстояния

Используем формулу (6) для анализа степени экранирования в зависимости от геометрии рассматриваемого штабеля и расстояния до соседнего штабеля. Исследование выполнено для типичных размеров штабеля: высота штабеля  $H=2$ м, длина  $2l=10$ м, ширина  $2A=1$ м и расстояние между штабелями  $a=2$ м (Рис. 3).

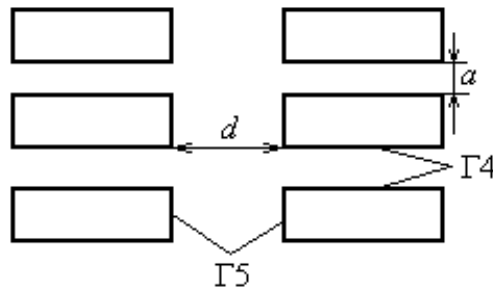


Рис. 3 - Схема расположения штабелей (вид сверху)

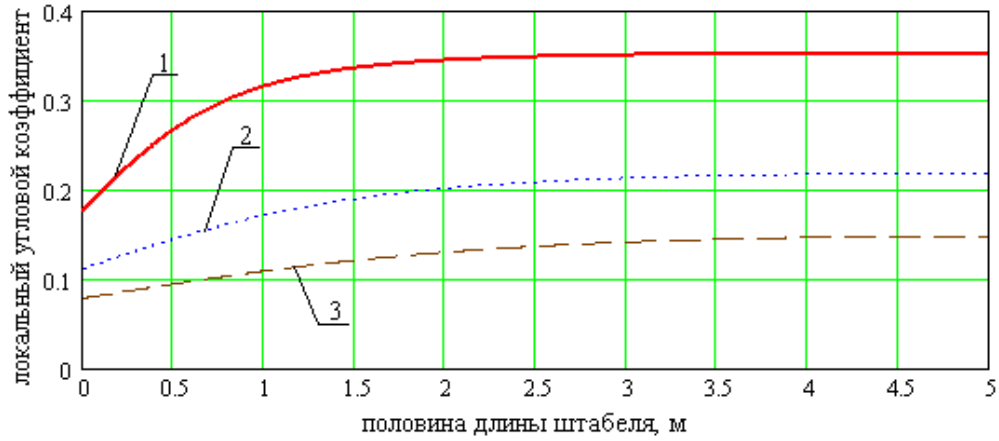


Рис. 4 - Распределение локального углового коэффициента  $\phi_{dF_1, F_2}$  по длине штабеля ( $0 \leq y \leq l$ , при  $z = H/2$ ) для различных расстояний между штабелями: 1 –  $a=1$ м, 2 –  $a=2$ м, 3 –  $a=3$ м

Результаты исследования приведены на Рис. 4 и 5 в виде зависимости  $\phi_{dF_1, F_2}$  от половины длины штабеля (рисунок 4, при  $0 \leq y \leq l$  и  $z = H/2$ ) и от ширины торца штабеля (Рис. 5, при  $0 \leq x \leq 2A$  и  $z = H/2$ ) для различных значений расстояния между штабелями  $a$ .

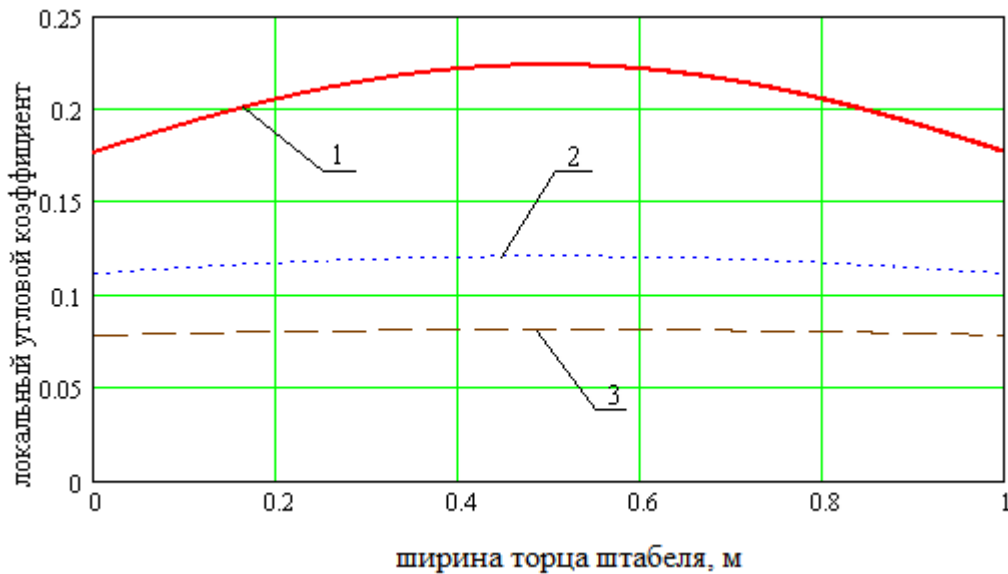
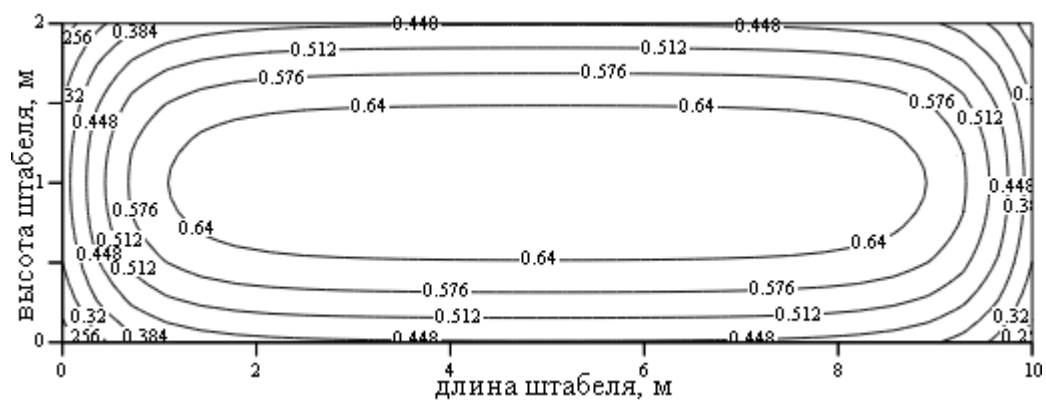


Рис. 5 - Распределение локального углового коэффициента  $\phi_{dF_1, F_2}$  ( $0 \leq x \leq 2A$  и  $z = H/2$ ) для различных расстояний между штабелями: 1 –  $a=1$ м, 2 –  $a=2$ м, 3 –  $a=3$ м

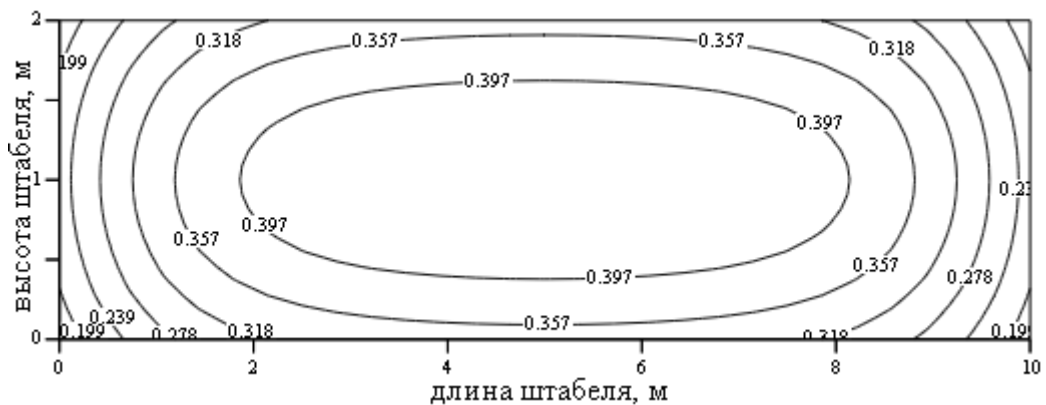
На Рис. 4 и 5 видно, что с увеличением расстояния между поверхностями, находящимися в лучистом теплообмене, от  $a=1$ м до  $a=3$ м распределение  $\phi_{dF_1, F_2}$  становится более пологим. При этом максимальная величина коэффициента уменьшается более чем в 2 раза.

Для небольших расстояний между штабелями ( $a < 1$ м) неравномерность  $\phi_{dF_1, F_2}$  наблюдается только у края штабеля. В остальной части длины штабеля наблюдаются постоянные значения  $\phi_{dF_1, F_2}$ .

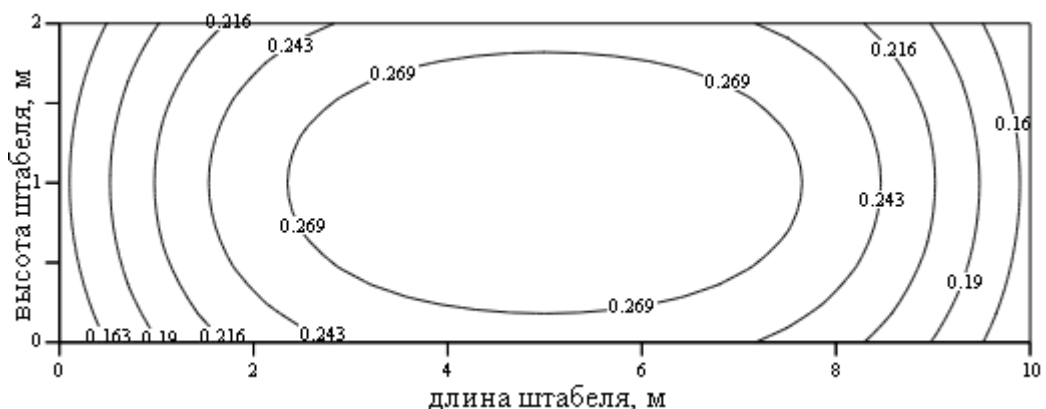
На рисунке 6 приведены линии уровня локального углового коэффициента  $\phi_{dF_1, F_2}$  на поверхности Г4, соседней с Г4 другого штабеля.



а)



б)



в)

Рис. 6. Линии уровня функции  $\phi_{dF_1, F_2}(y, z)$  а) –  $a=1\text{м}$ , б) –  $a=2\text{м}$ , в) –  $a=3\text{м}$

Как видно на Рис. 6, степень экранирования ( $\phi_{dF_1, F_2}$ ) принимает наименьшее значение по краям боковой стороны штабеля. С увеличением расстояния зона неравномерности наблюдается в большей мере в районе узких сторон боковой поверхности.

На Рис. 7 представлены результаты исследования величины доли лучистой энергии ( $\phi_{dF_1, F_2}$ ), передаваемой от всей боковой поверхности Г4 на боковую поверхность соседнего штабеля (Рис. 7 а) и торца Г5 на торец соседнего штабеля (Рис. 7 б).



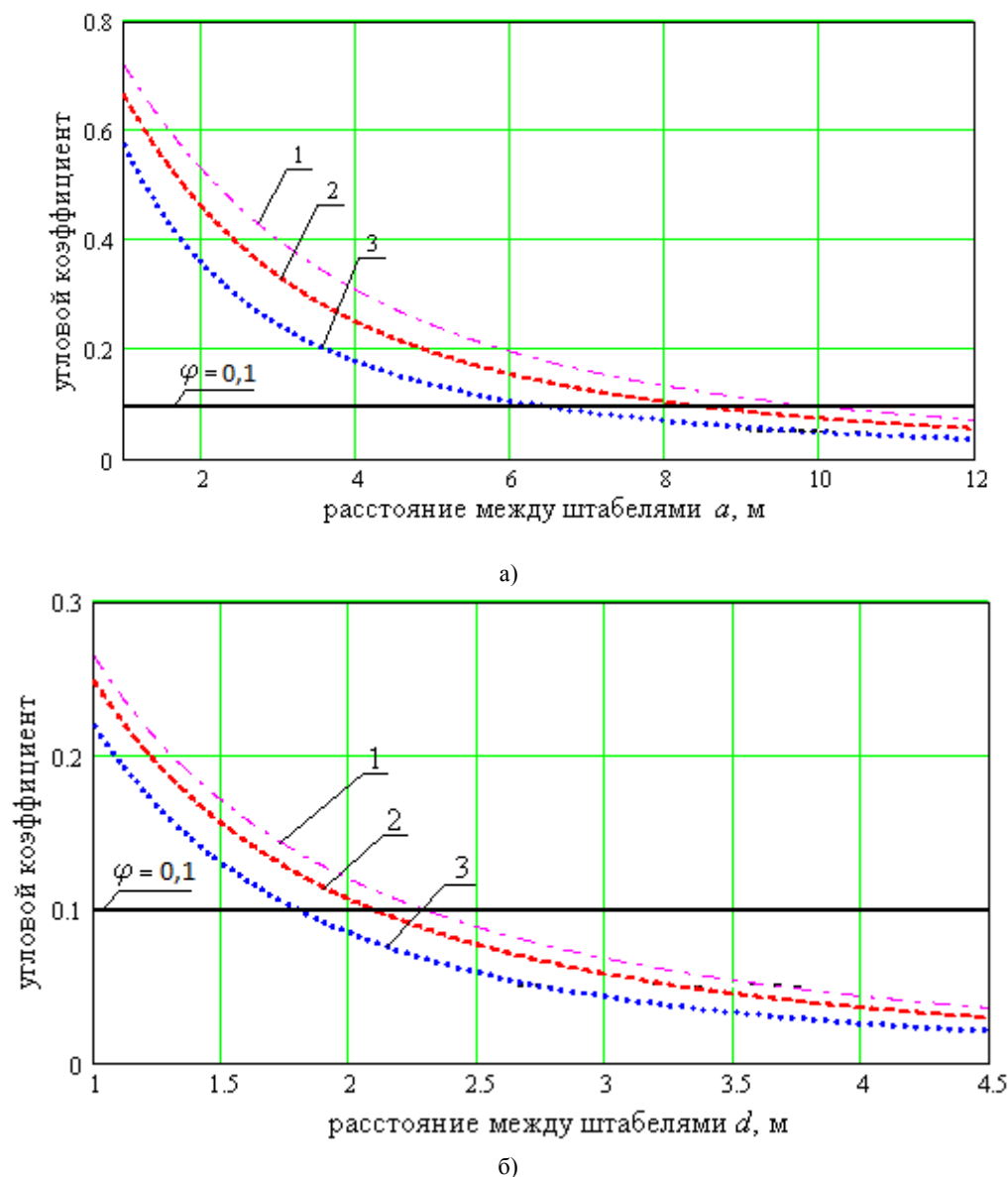


Рис. 7 - Зависимость доли лучистой энергии от расстояния: а) – между широкими гранями  $H \times 2l$  штабелей; б) – между торцевыми гранями  $H \times A$  штабелей; 1 -  $H=4$ м, 2 -  $H=3$ м, 3 -  $H=2$ м;  $2l=10$ м,  $A=0,7$ м

Из Рис. 7 можно оценить условия, при которых влияние соседних штабелей для их различных высот становится существенным (Таб. 1). Будем считать влияние существенным, если степень экранирования  $\varphi_{F1,F2} \geq 0,1$ . Результаты оценки условий существенного влияния соседних штабелей представлены в таблице 1.

Таблица 1

$H, \text{ м}$	Расстояние между штабелями	
	Рис. 8 (а)	Рис. 8 (б)
2	$a < 6,5 \text{ м}$	$d < 1,7 \text{ м}$
3	$a < 8,5 \text{ м}$	$d < 2,1 \text{ м}$
4	$a < 10,0 \text{ м}$	$d < 2,3 \text{ м}$

В реальных условиях расстояние между соседними штабелями находится в пределах от 1 до 1,5 м, а значит тепловое взаимодействие соседних штабелей будет существенным.

Система уравнений (1) - (5) решена численным методом конечных разностей с использованием явной схемы аппроксимации. Алгоритм расчета реализован в виде компьютерной программы.

Таким образом, разработана математическая модель, в которой учитывается тепловое влияние соседних штабелей на процесс охлаждения рассматриваемого штабеля. Выполнен анализ влияния геометрии штабеля и расстояния между соседними штабелями на степень экранирования излучения от рассматриваемого штабеля соседним штабелем.

#### Литература

1. Ключников А.Д., Иванцов Г.П. Теплопередача излучением в огнетехнических установках (инженерные решения задач). – М., 1970. – 400с.

#### References

1. Kluchnikov AD, GP Ivantsov Heat transfer by radiation in ognetchnicheskikh installations (engineering problem solving). – М., 1970 - 400с.

Широков А.П.<sup>1</sup>, Еременко Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат педагогических наук, доцент, <sup>2</sup>Студент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕСТНОЙ РАБОТЫ НА ПРИПОРТОВОЙ СТАНЦИИ

#### Аннотация

В настоящее время, в период роста объемов перевозок и увеличения числа угольных маршрутов, направленных на экспорт в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, существует острая проблема в обеспечении эффективной работы станции. Для

этого, в статье рассмотрен ряд эксплуатационных показателей за последние 7 лет работы станции Находка, выявлены узкие места во взаимодействии станции с Находкинским морским торговым портом, а именно увеличение простоя местного вагона. По результатам анализа предложен ряд мероприятий для нормализации работы станции и уменьшения временных и денежных издержек.

**Ключевые слова:** эксплуатационные показатели станции, местные вагоны, простой местного вагона, экспорт, грейферная выгрузка, вагоноопрокидыватель, оптимальная очередность подач.

Shirokov A.P.<sup>1</sup>, Eremenko E.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Candidate of Pedagogic Sciences, docent, <sup>2</sup>Student, Far Eastern State University of Railway Transport

#### IMPROVEMENT OF LOCAL WORK ON PORT STATION

#### Abstract

*At present, during the traffic volume growth and coal export routs increase to Asian-Oceanian countries, there is a pressing problem of effective operation of the railway station. To solve it, the article describes some operating characteristics of Nakhodka railway station for the last 7 years, and some bottlenecks of the cooperation with Nakhodka commercial seaport, local terminal time, to be more exact. The analysis results suppose a range of actions to improve the railway station operation and to decrease time and money loss.*

**Key words:** railway station operating standards, local cars, local terminal time, export, grab discharge, car dumper, optimal sequence of carload delivery

Местные вагоны – это вагоны, прибывающие на станцию под выгрузку, погрузку, перегрузку, сортировку груза.<sup>[1]</sup>

Простой местного вагона является важным эксплуатационным показателем работы станции. Его превышение приводит к затруднению нормальной работы станции, снижает пропускную способность станции и способствует повышению оборота вагона и рабочего парка вагонов.

В настоящее время, в период бурного развития Дальнего Востока, из-за смещения экономических интересов России на восток, происходит увеличение объемов перевозок грузов, направленных на экспорт в страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Особая роль в обеспечении перевозочного процесса на железных дорогах отводится сортировочным станциям. На них сосредоточена основная часть технической работы с грузовыми поездами, а также выполняется грузовая работа. На сортировочных станциях вагоны находятся более 50% времени оборота. В связи с этим, основным резервом в его сокращении является совершенствование технологии ее работы.

Значимую роль, особенно в перспективе, будет играть Находкинский транспортный узел, как большой логистический центр. В этой связи, крайне важно, чтобы все участки этого транспортного узла работали в полном объеме, максимально эффективно. Созрела необходимость проведения серьезного анализа одного из важнейших составляющих Находкинского транспортного узла - взаимодействие станции Находка с Находкинским морским торговым портом, являющимся на сегодняшний день одним из самых важных по грузообороту.

В целях выявления «узких» мест во взаимодействии станции Находка с Находкинским морским торговым портом, выполнен анализ работы станции за 7 лет по выполнению следующих показателей: погрузка в сутки, ваг; выгрузка в сутки, ваг; рабочий парк вагонов, ваг/сут.; расформирование горкой в сутки, ваг/сут.

В последние годы наблюдается снижение погрузки на станции и увеличение объемов выгрузки. Это объясняется тем, что станция является припортовой и большинство грузов прибывает на экспорт. После выгрузки, большая часть вагонов отправляется со станции в порожнем состоянии.

За 7 лет работы станции наблюдается значительный рост среднесуточной выгрузки с 152 по 223 вагонов.

Динамика изменения выгрузки показана на рисунке 1.

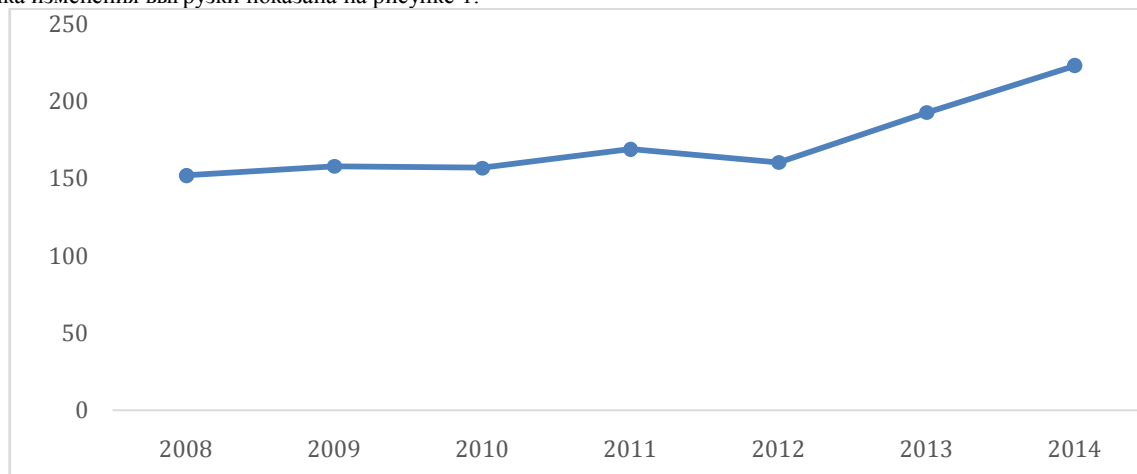


Рис. 1 – Выгрузка в сутки, ваг

Общая выгрузка станции состоит из выгрузки вагонов, прибывших в адрес станции и для перевалки на экспорт.

За весь рассматриваемый период число вагонов, прибывающих в адрес станции, остается на одном уровне и не проявляет тенденции к росту, в то время как объем выгрузки для перевалки на экспорт ощутимо растет, что особенно заметно по такому виду груза, как уголь.

Это можно связать с особым увеличением грузооборота порта в эти месяцы. ЕВРАЗ Находкинский морской торговый порт в сентябре 2014 года поставил рекорд грузооборота за весь постперестроечный период. За первый осенний месяц в порту было перевалено более 914 тысяч тонн грузов. Рост показателей достиг почти 27% (в сентябре 2013 года грузооборот составлял около 722 тыс. тонн). 22 сентября был установлен рекорд суточной выгрузки - 293 полувагона с углем. (на два терминала).<sup>[6]</sup>

Стратегия развития угольной отрасли в России предполагает рост добычи и увеличение экспорта, что влечет за собой повышение объемов перевозимого угля в целом по стране. На сегодняшний день основное повышение происходит в Приморском крае, из-за смены экспортных ориентиров поставки угля от Европы, к странам Азиатско-Тихоокеанского региона.<sup>[2]</sup>

В последнее время было проведено множество переговоров и заключено значительное количество контрактов со странами АТР, в первую очередь, с КНР и Японией. Заключены долгосрочные контракты на поставку ресурсов.

В 2011 году в Японии произошла крупная катастрофа на АЭС «Фукусима-1»<sup>[3]</sup>, что привело к резкому снижению потребления атомной электроэнергии и необходимости искать альтернативные источники. В условиях сильной зависимости от

теплоэлектростанций по причине остановки работы АЭС были увеличены объемы закупок угля российского производства. За последние два года Япония увеличила импорт российского угля в два раза.<sup>[2]</sup>

Китай сохраняет темпы роста экономики и производства, достигнутые за последние 10 лет, что так же приводит к увеличению потребления угля российского производства.

При сохранении существующих тенденций роста потребность в угле стран Азиатско-Тихоокеанского региона будет расти в геометрической прогрессии, и к 2020 году объемы перевозок могут возрасти.

Таким образом, Находкинский морской торговый порт переориентирован на такой вид груза, как уголь.

Увеличение объемов перевозок экспортного груза, поступающего в адрес Находкинского морского торгового порта, привело к проблемам нормальной работы станции Находка и всего региона в целом. На протяжении последних 7 лет работы станции происходит повышение такого показателя, как простой местного вагона. По отчетным данным простой местного вагона был превышен относительно нормативных параметров.

В целях обнаружения причин, сказывающихся на увеличение данного показателя, был проведен детальный анализ простоя местного вагона по элементам и построена диаграмма Парето, представленная на рисунке 2. Проведенный анализ выявил, что наибольшее время приходится на период от прибытия до подачи – 45,8%, на грузовые операции – 17,6%, от окончания выполнения грузовых операций до отправления – 36,6%.

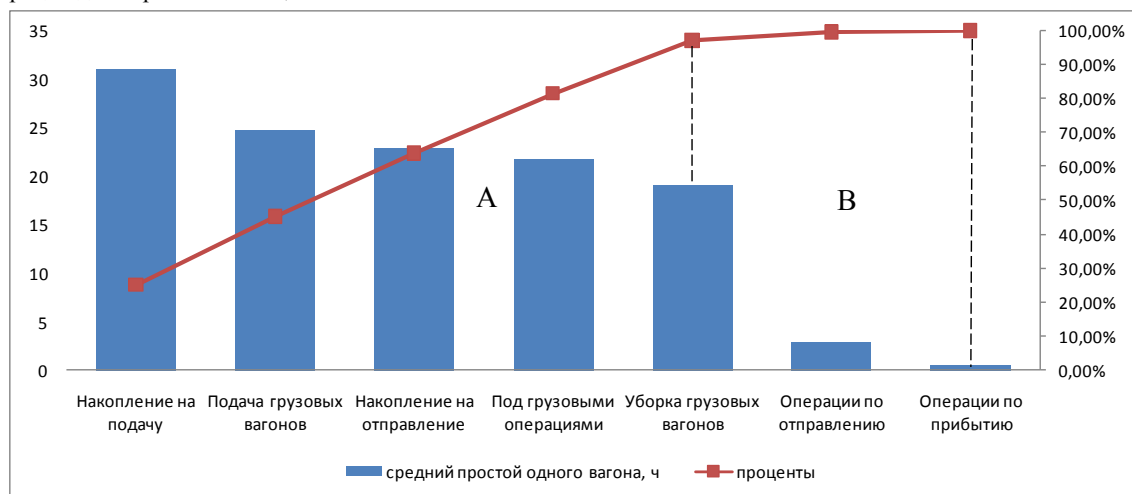


Рис. 2 – Диаграмма Парето

По степени влияния все факторы разбиты на две группы. В группу А попали: время накопления на подачу, время на подачу грузовых вагонов, время накопление на отправление, простой под грузовыми операциями, время на уборку грузовых вагонов. Проанализировав каждый элемент, выявлено, что на элементах 2,4,5 произошло завышение существующего времени на выполнение операций к нормативному.

Для выявления факторов, воздействующих на данные элементы, строится причинно-следственная диаграмма Исикавы, демонстрирующая иерархию и взаимозависимость всего комплекса факторов, приводящих к увеличению простоя местного вагона. Причинно-следственная диаграмма Исикавы приведена на рисунке 3.

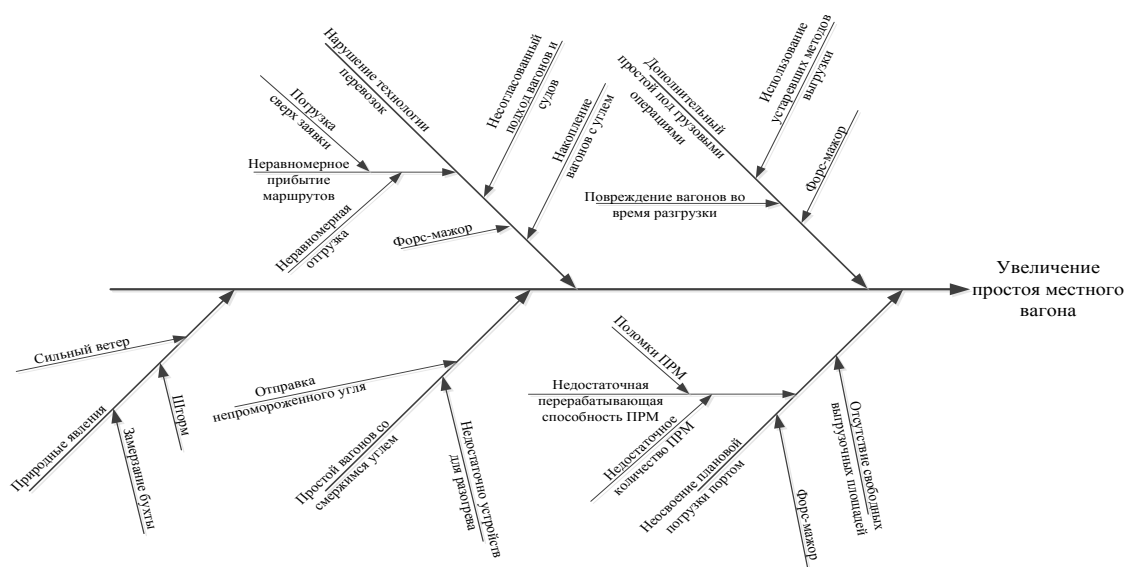


Рис. 3 - Основные причины завышения простоя местного вагона

Одной из важных причин, по которой происходит завышение простоя местного вагона, является накопление вагонов в адрес одного получателя - «ЕВРАЗ Находкинский морской торговый порт». Так, в адрес грузополучателя ОАО «ЕВРАЗ Находкинский морской торговый порт», среднесуточное наличие экспортного груза по станции Находка на сегодняшний день составляет 507 вагонов, при средней ежесуточной выгрузке - 191 вагона.<sup>[4]</sup>

На станции происходит накопление экспортного груза, что, в свою очередь, затрудняет передачу вагонов с одного маневрового района в другой для дальнейшего формирования к от отправлению. Невостребованные к выгрузке вагоны в значительной степени парализует маневровую работу станции.

Так же рост простоя местного вагона несет за собой увеличение таких показателей, как рабочий парк вагонов и оборот вагона.

В связи с этим, можно предположить, что при дальнейшей неизменной работе станции, простой местного вагона и накопление вагонов в адрес «ЕВРАЗ Находкинский морской торговый порт» будет с каждым годом увеличиваться, и приведет к еще большим проблемам нормальной работы станции и всего региона в целом.

Для предотвращения дальнейшего увеличения простоя местного вагона и нормализации работы станции предлагается ввести ряд мероприятий:

- Увеличение количества и длины существующих путей на станции и в порту;
- Оптимизация очередности подач и уборок;
- Увеличение мощностей выгрузочных устройств порта.

Увеличение количества и длины существующих путей на станции и в порту не предоставляется возможным, так как станция и порт находится в черте города, и отсутствует достаточное количество места под их расширение.

Понижение продолжительности нахождения местных вагонов на станции можно достичь определением и вводом оптимального числа подач и уборок вагонов на Находкинский морской торговый порт.

Чем больше подач-уборок местных вагонов при определенном суточном вагонопотоке, тем меньше общий простой этих вагонов на станции за счет сокращения простоя под накоплением, времени на подачу-уборку, но больше потребности в маневровых средствах.<sup>[5]</sup>

Очередность подач можно представить, как функцию от трех параметров:

$$O = f(K_{n-y}, t_{n-y}, m_{n-y})$$

, где  $K_{n-y}$  - количество подач уборок на подъездные пути необщего пользования;  $t_{n-y}$  - время, затрачиваемое на подачу, уборку;  $m_{n-y}$  - количество вагонов в одной подаче.

Оптимальное число подач-уборок может быть определено по условию технико-экономической целесообразности и является функцией от 11 параметров:

$$K_{n-y} = f(C_{в-ч}, C_{л-ч}, C_m, t_{n-y}, n_{сут}, l_{ваг}, L_{фр}, T_{зр.он}, q_{бр}, Q_{бр}, m_{n-y})$$

При следующих ограничениях:

- по длине фронта погрузки-выгрузки

$$m_{n-y} \leq f(l_{ваг}, L_{фр})$$

- по силе тяги маневрового локомотива

$$m_{n-y} \leq f(q_{бр}, Q_{бр})$$

- по норме времени на выполнение грузовых операций:

$$m_{n-y} \leq f(T_{пер.раб}, m_{нод}, T_{зр.он}^{1ваг}, m_{фр})$$

При правильном определении оптимального числа подач и уборок уменьшится такой показатель, как простой местного вагона. Сокращение простоя местного вагона приведет к минимизации издержек и денежных затрат за счет сокращения вагоно-часа, локомотиво-часа, поездо-часа. Определение оптимального числа подач и уборок может привести к сокращению маневровых передвижений по станции и уменьшению денежных издержек за счет сокращения локомотиво-км маневровой работы.

В настоящее время, Находкинский морской торговый порт пользуется устаревшими технологиями, грейферной выгрузки угля. В зимнее время до 80% вагонов получают повреждения при выгрузке, и требуется дополнительное время для ремонта вагонов на путях порта, что так же ведет за собой увеличение простоя местного вагона.

Основными причинами повреждения подвижного состава являются нарушения работниками портов единых технологических процессов работы порта и станции и соответствующего госстандарта при выгрузке вагонов грейферными кранами.

В результате повреждений, полученных в процессе грузовых операций, вагон выбывает из эксплуатации для проведения ремонтных работ. В условиях дефицита полувагонов на сети российских железных дорог это является серьезной проблемой для операторов, причем не только с финансовой точки зрения, но и с точки зрения своевременного обеспечения заявок грузоотправителей. Поврежденный при грейферной выгрузке вагон нельзя восстановить до начального состояния. Деформации скапливаются, техническое состояние полувагона значительно ухудшается, из-за чего срок службы подвижного состава сокращается.

Одним из мероприятий по увеличению мощностей выгрузочных устройств и уменьшения количества повреждений, получаемых вагонами, является установка на территории Находкинского морского торгового порта вагоноопрокидывателя.

Установка данного комплекса механизации позволит:

- Снизить время на выгрузочные работы, темп выгрузки составляет до 30 вагонов в 1 час и позволит обеспечить среднюю выгрузку до 520 вагонов в сутки;
- Уменьшить количество повреждений, получаемых вагонами при выгрузке. При использовании вагоноопрокидывателя количество повреждаемых вагонов может снизиться в 2-2,5 раза;
- Сократить время простоя местного вагона под грузовыми операциями и в ожидании уборок;
- Автоматизировать процесс выгрузки.

Увеличение простоя местного вагона на станции оказывает влияние на весь регион. Происходит скопление грузовых вагонов на подъездах к разгрузочным терминалам грузовых портов, что ведет за собой остановку нормальной работы станции, а так как станция является тупиковой, то и всего региона в целом. Создаются задержки поездов на подступах к станции, которые имеют тенденцию увеличения во времени и пространстве. Беспольный простой вагонов является отрицательным фактором как для ОАО «РЖД», так и для грузовладельцев, что ведет за собой потерю прибыли участников перевозочного процесса. Что бы это предотвратить, нужно разработать оптимальную технологию подачи и уборок вагонов, увеличить имеющиеся разгрузочные мощности и ввести современные методы разгрузки, исключая массовую порчу вагонов и дополнительное время для их ремонта.

С учетом данной экономической ситуации, ввода санкций и увеличения стоимости одного вагоно-часа, локомотиво-часа, поездо-часа, локомотиво-км актуальность данной проблемы с каждым годом растет. Ее решение позволит нормализовать работу станции, сократить временные и денежные издержки. Сокращение простоя вагонов, поездов и локомотивов, ускорение маневровой работы влекут за собой уменьшение капитальных вложений: требуется меньше вагонов, локомотивов. Чем лучше используются технические устройства на станции и маневровые средства, тем выше производительность труда, перерабатывающая способность, надежность всех элементов станций, ниже себестоимость перевозок.

#### Литература

1. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/railway/1498/%D0%9C%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%9D%D0%AB%D0%99>
2. <http://expert.ru/2014/04/3/ugol/>

3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F\\_%D0%BD%D0%B0\\_%D0%90%D0%A%D0%A1\\_%D0%A4%D1%83%D0%BA%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BD%D0%B0_%D0%90%D0%A%D0%A1_%D0%A4%D1%83%D0%BA%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B0-1)
4. <http://deita.ru/news/economy/21.01.2015/4819499-zhelezнодорожники-obvinyayut-v-zatorakh-na-magistralyakh-gruzopoluchateley/>
5. <http://studopedia.org/4-119914.html>
6. <http://regions.ru/news/2532889/>

**Жегло И. А.<sup>1</sup>, Ушаков Г. В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Аспирант, <sup>2</sup>Кандидат технических наук, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

### **ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРТОНА И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрена ресурсосберегающая технология очистки сточных вод картонного производства и утилизации осадков, выделенных в процессе их очистки, с последующим использованием волокнистых веществ, при производстве строительных материалов.*

**Ключевые слова:** сточные воды, волокнистые вещества, фильтр.

**Zheglo I. A.<sup>1</sup>, Ushakov G. V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Graduate, <sup>2</sup>Candidate of Technical Sciences, Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev

### **THE SOURCES OF FIBROUS SUBSTANCES IN THE MANUFACTURE OF CARDBOARD AND TECHNIQUES FOR THEIR USE IN CONSTRUCTION**

*Abstract*

*The article deals with the resource-saving technology of wastewater treatment and cardboard production and utilization of sediment identified in the process of cleaning them with subsequent use of fibrous materials in the manufacture of building materials.*

**Keywords:** wastewater, fibrous materials, filter.

На бумажных и картонных фабриках стоки образуются при подготовке и приготвлении исходной массы с добавкой проклеивающих веществ (глинозема, канифольного клея) и наполнителей (каолина, гипса, талька, мела, и др.); при выработке бумаги и картона; при переработке, очистке и облагораживании макулатуры [1].

Специфика работы этих предприятий такова, что они характеризуются повышенным водопотреблением. Неизбежным является образование больших объемов отработанных сточных вод. Главной опасностью таких стоков является *повышенное содержание мелкодисперсных волокнистых веществ*, которые, при сбросе, отлагаются на дне водоема, придавая неприятный привкус и запах воде, что отмечается населением, живущим по берегам рек. Опасной особенностью волокон является способность забивать жаберы рыб, что неминуемо приводит к их гибели.

На большинстве картонных заводов России, очистка сточных вод осуществляется на сооружениях механической и биологической очистки. Мелкодисперсные взвешенные волокна, не удаляются существующими методами, и сбрасывается в водные протоки и реки. Задержанные волокнистые вещества, сбрасывают в отвал, что приводит к повсеместному загрязнению гидросферы и земельных ресурсов, нарушает природные ландшафты, приводит к изъятию из хозяйственного оборота значительных площадей земель.

Переход от внеплощадочных очистных сооружений к цеховым системам локальной очистки, фактически являющимися частью технологического процесса, коренным образом изменяет систему водопользования на предприятии и создает реальную основу для создания оптимально-замкнутого водооборота. Это в свою очередь приведёт к снижению нагрузки на внеплощадочные очистные сооружения. Снижение нагрузки, на внеплощадочные очистные сооружения, как по гидравлике, так и по загрязнениям, позволяет многократно снизить расходы на очистку сточных вод и утилизацию отходов [2].

Перенос очистки основной части сточных вод в цеха предприятия позволяет:

- вернуть в водооборот до 80% воды, очищенной до технологически обоснованных параметров;
- уменьшить водопотребление и водоотведение;
- значительно сократить образование отходов в виде осадков первичных отстойников и избыточного активного ила;
- значительно сократить расход энергии на биологическую очистку, на обработку осадков и их утилизацию;
- сократить энергозатраты на перекачку.

Локальные системы очистки сточных вод более простые и гибкие в управлении. Для каждого вида сточной воды может быть подобрана индивидуальная технология, обеспечивающая получение наилучшего результата.

Однако при создании замкнутых систем водопотребления могут иметь место значительные затруднения, связанные в данном случае с появлением на технологическом оборудовании повышенного биообрастания, пено- и накипеобразования, коррозии и других нежелательных последствий. Для устранения указанных недостатков требуется локальная очистка небольших объемов наиболее концентрированных сточных вод с применением механических и физико-химических методов их очистки [3].

Нами предложена технология доочистки воды от мелкодисперсных волокнистых примесей и использования их в качестве сырья при производстве строительных материалов. Для этой цели, по предлагаемой технологии, сточная вода подвергается очистке на фильтрах с зернистой загрузкой.

Процесс фильтрования применяют для выделения из сточных вод грубо - и мелкодисперсных примесей, не осевших при отстаивании. Фильтрование является обычно завершающей стадией очистки сточных вод, прошедших сооружения механической, физико-химической и биологической очистки.

Для осуществления процесса фильтрования могут быть использованы фильтры любой конструкции с различной загрузкой. Однако при очистке сточных вод картонного производства, применение фильтров с загрузкой из активного угля и кварцевого песка, невозможно, в виду быстрой закупорки пор загрузки мелковолоконистыми частицами, из которых состоит основная масса твердых отходов картонных предприятий.

В качестве фильтрующего материала нами предложено использовать гранулированный пористый силикатный наполнитель теплоизоляционных материалов (стеклопор), технология получения которого разработана ООО «Малое инновационное предприятия научно-технический центр «Экосистема». Выбор данной загрузки обусловлен тем, что в извлекаемый в процессе очистки воды мелковолоконистый осадок удаляется из фильтра вместе с фильтрующим материалом. Извлекаемая из фильтра смесь осадка и фильтрующего материала не сбрасывается в отвал, а используются в качестве сырья в производстве теплоизоляционных материалов.

Фильтрование производили на кассетном лабораторном фильтре, позволяющем заменять фильтрующую загрузку по мере ее заполнения осадком, на новую. Фильтр состоит из приемного резервуара очищаемой воды, кассеты с фильтрующей загрузкой и резервуара для приема очищенной сточной воды.

Загрузка в фильтр, после ее извлечения, представляет собой смесь гранулированного пористого силикатного заполнителя теплоизоляционных материалов и волокнистых частиц. Нами установлено, что в такой смеси волокнистые частицы играют роль связующего вещества и путем ее соответствующей обработки и формования могут быть получены теплоизоляционные плиты.

В результате проведения лабораторных исследований, получены исходные данные, на основе которых нами разработана конструкция опытного кассетного фильтра для очистки сточных вод предприятий по производству картона от волокнистых примесей, схема которого приведена на рис. 1.

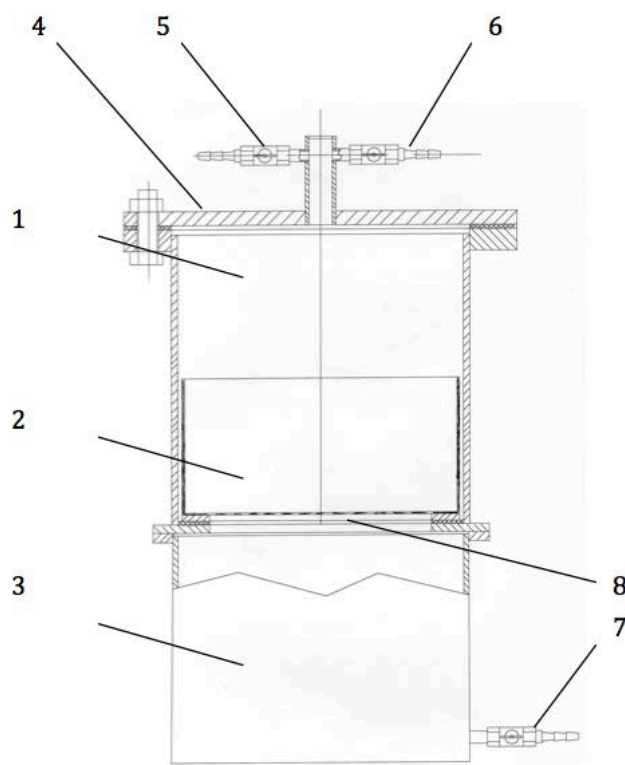


Рис. 1. Кассетный фильтр для очистки сточных вод предприятий по производству картона от волокнистых примесей: 1 – корпус фильтра; 2 – съемная кассета для загрузки крупнозернистого фильтрующего материала;

3 – сборник отфильтрованной воды; 4 – крышка фильтра; 5 – штуцер для подачи в фильтр исходной сточной воды; 6 – штуцер для подачи в фильтр раствора коагулянта; 7 – штуцер для вывода отфильтрованной воды; 8 – перфорированное днище съемной кассеты.

Путем соответствующей обработки смеси, извлекаемой из фильтра, получен волокнистый связующий материал для производства теплоизоляционных материалов. При смешении в определенной пропорции исходного гранулированного пористого силикатного заполнителя и полученного волокнистого связующего материала, получали образцы теплоизоляционных изделий в виде кубов размером 100×100×100 мм и плиток размером 120×60×40. Кубы формовали в стандартных формах заводского изготовления. Определение свойств теплоизоляционных изделий (плотность, теплопроводность, механическая прочность) показало, что они соответствуют требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

Результаты проведенных лабораторных исследований показывают, что композиционные материалы из гранулированного пористого силикатного заполнителя и осадка сточных вод картонного предприятия и полученные из них изделия соответствуют требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

#### Литература

1. Комарова, Л. Ф. Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности: учебное пособие / Л. Ф. Комарова, М. А. Полетаева. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 174 с.
2. Гофроиндустрия на современном этапе развития: сборник трудов 4-й Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург / под ред. проф. А. Н. Иванова; ГОУВПО СПб ГТУ РП. – СПб., 2010. – 66 с.
3. Примаков С. Ф. Производство картона. М.: Экология, 1991. – 224 с.

#### References

1. Komarova, L. F. Ispol'zovanie vody na predpriyatijah i oshistka stocnyh vod v razlichnyh otrasljah promyshlennosti: uchebnoe posobie / L. F. Komarova, M. A. Poletaeva. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2010. – 174 s.
2. Gofroindustrija na sovremennom etape razvitiia: sbornik trudov 4-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. Sankt-Peterburg / pod red. prof. A. N. Ivanova; GOUVPO SPb GTU RP. – SPb., 2010. – 66 s.
3. Primakov S. F. Proizvodstvo kartona. M.: Jekologija, 1991. – 224 s.

**Зайцева А.А.**

Уфимский государственный авиационный технический университет

#### **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ВЕРТОЛЕТА**

#### **Аннотация**

В статье рассматриваются принципы разработки программного модуля, который позволяет автоматизировать основные процедуры, связанные с исследованием динамических характеристик интегрированной системы управления силовой установкой вертолета. Обсуждается выбор программной среды, в рамках которой можно реализовать весь комплекс вычислительных процедур, обеспечив при этом требования мобильности, интероперабельности, масштабируемости, а также другие требования, которые предъявляются к современным программным системам.

**Ключевые слова:** вертолет, силовая установка, программный модуль.

*This article discusses the principles of software module that enables you to automate basic procedures related to the study of the dynamic characteristics of an integrated management system powerplant helicopter. We discuss the choice of the software environment in which you can implement the entire complex computational procedures while ensuring that the requirements of portability, interoperability, scalability, as well as other requirements that apply to modern software systems.*

**Keywords:** helicopter, powerplant, software module.

Исследование сложных технических систем, к числу которых относятся интегрированные многодвигательные силовые установки вертолетов, требует выполнения ряда сложных вычислений, связанных с декомпозицией процедуры синтеза системы синхронизации режимов работы двигателей вертолета по комплексу параметров [1], реализацией алгоритма совмещенного управления силовой установкой вертолета в условиях нечеткой информации о свойствах случайных событий, возникающих при переходе на ручной режим управления с последующим возвратом на исходный автоматический режим [2], с построением нечеткого ожидания выходных реакций исследуемой системы и формализацией нечеткой информации [3]. Для упрощения этих расчетов был разработан программный комплекс, позволяющий автоматизировать вычислительные операции, связанные с исследованием интегрированной системы управления силовой установкой вертолета в рассматриваемых ситуациях [4].

При выборе языка программирования были учтены следующие особенности разрабатываемой программы:

- возможность переноса (мобильность/переносимость - portability) прикладных систем, после внесения минимальных изменений в исходный отлаженный текст, на широкий класс исследуемых систем;
- совместную работу (интероперабельность - interoperability) с другими прикладными системами на локальных и удаленных платформах;
- возможность расширяемости/масштабируемости (extensibility scalability);
- взаимодействие с пользователями в стиле, облегчающем последний переход от системы к системе (дружественность к пользователю - driveability).

Мобильность обеспечивает возможность использования разных аппаратных платформ, в которые требуется внести лишь незначительные изменения. Данное свойство основывается на механизме инкапсуляции (скрытие реализации), когда данные и процедуры объекта скрываются от внешнего пользователя, и связь с объектом ограничивается набором сообщений, которые «понимает» объект.

Для того, чтобы обеспечить интероперабельность разрабатываемой программной системы, необходима либо единая трактовка всех типов данных, в том числе абстрактных, либо индивидуальная процедура преобразования сообщения для каждой пары неодинаковых взаимодействующих систем. Первое направление связано с использованием абстрактных типов данных, объединяющих данные и операции для описания новых типов, что позволяет использовать новые типы наравне с уже существующими. Второе направление поддерживается принципами полиморфизма и динамического связывания.

Расширяемость и масштабируемость позволяет реализовывать механизм эволюции, постепенного развития функций систем, замены отдельных компонентов без перестройки всей системы, что приводит к экономии значительных средств при расширении системы, поскольку многое не нужно создавать заново.

Дружественность к пользователю подразумевает наличие у системы всех трех вышеуказанных качеств. Расширяемость требуется для разработки программной поддержки новых парадигм общения человека с машиной. Мобильность необходима ввиду быстрой смены старых и появления новых устройств человеко-машинного интерфейса. С точки зрения интероперабельности человек воспринимается как другая система, с которой открытая система должна уметь взаимодействовать.

Таким образом, выбор языка программирования определяется следующими критериями:

- наличие в активной версии транслятора языка средств структурного программирования и организации пользовательского интерфейса;
- возможность проводить математические расчеты, т.е. наличие соответствующих типов данных и функций для работы с ними;
- возможности разбиения программы на модули;
- возможность создания программ не требовательных к ресурсам ЭВМ.

Рассматривая известные языки программирования, можно сделать следующие выводы. Язык Delphi является одним из наиболее удобных средств объектно-ориентированного программирования. Именно поэтому для создания программы выбрана система программирования Delphi 7 в версии Embarcadero Rad Studio 2010. Версия Delphi 2010 обеспечивает полную поддержку Unicode. Приложения могут выполняться на любой языковой версии Windows. Применение Unicode гарантирует, что приложения будут одинаково выглядеть и функционировать во всех языковых версиях Windows и поддерживать как Unicode-строки, так и ANSI-строки. Новые усовершенствованные средства локализации помогают переводить приложения на различные языки. Все функции Windows API заменены на их unicode-аналоги.

#### **Структура программного комплекса**

В структуре программного комплекса можно выделить следующие уровни:

- модуль «Ввод исходных данных»;
- модуль «Синтез интегрированной САУ СУ вертолета».

Главное окно первого модуля представляет собой систему следующих закладок (рис. 1): «Варианты», «Нечеткие моменты», «Параметры объекта». Кроме того, главное меню каждого из модулей содержит обязательные пункты «Окна» и «Справка». В закладке «Окна» содержится список открытых в данном сеансе диалоговых окон. Закладка «Справка» включает подпункты «Помощь» и «О программе». Первый из подпунктов позволяет вызвать справочную систему по работе с данным модулем. Второй выводит в виде окна с логотипом, отображаемым при загрузке модуля, краткие сведения о текущей программе (название модуля, версия, авторские права).



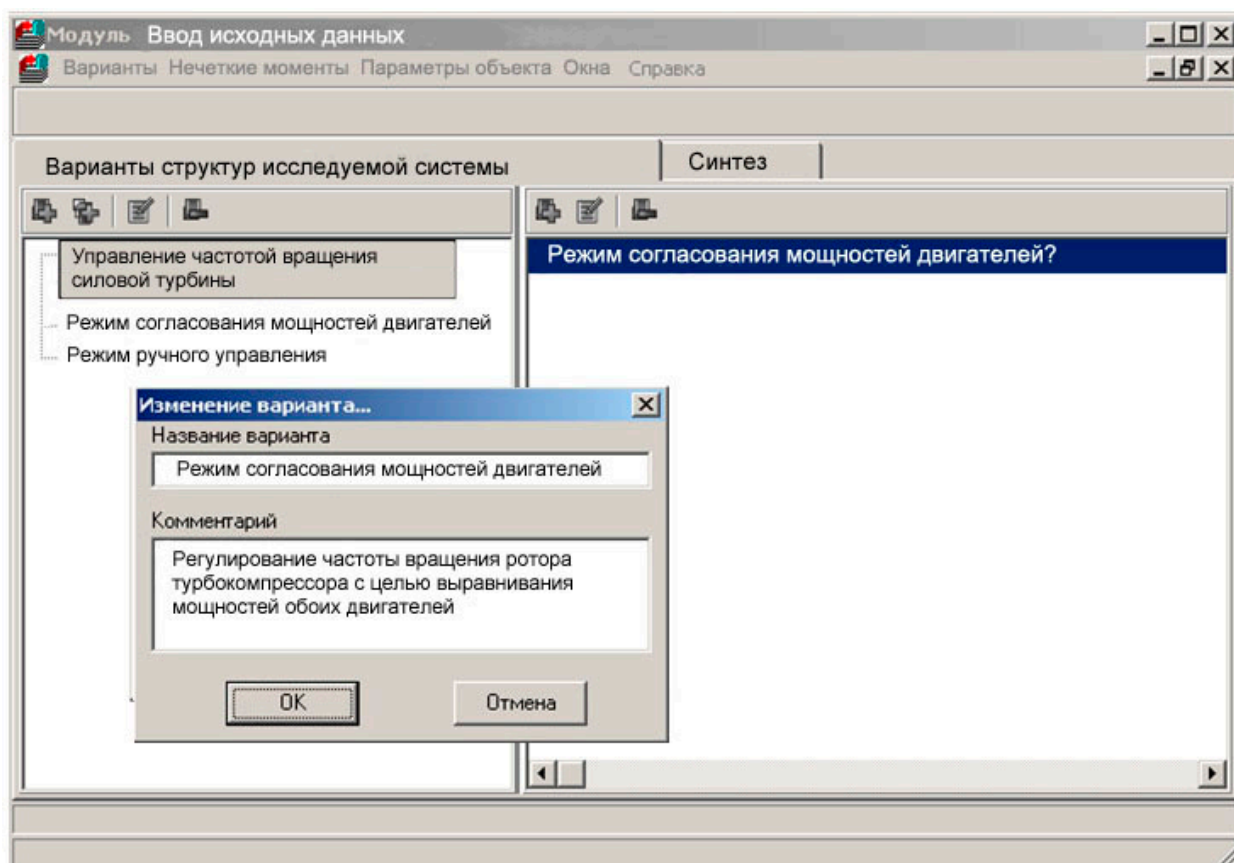


Рис. 1 - Диалоговое окно модуля «Ввод исходных данных»

Первая закладка («Варианты») предназначена для редактирования вариантов структур исследуемой системы. С помощью выпадающего списка выбирается тип САУ СУ, с которой работает программный комплекс. В данном случае — это система управления частотой вращения силовой турбины. Редактирование осуществляется с помощью следующих кнопок: кнопки добавления варианта, кнопки добавления типового звена, кнопки редактирования варианта, кнопки удаления варианта. Кнопка редактирования варианта вызывает выпадение подзакладки, которая содержит список возможных альтернатив с комментариями по поводу назначения соответствующего варианта.

Закладка «Нечеткие моменты» (рис. 2) предназначена для ввода исходных данных о нечетких моментах времени переключения системы управления на ручной режим управления и обратного переключения на автоматический режим.

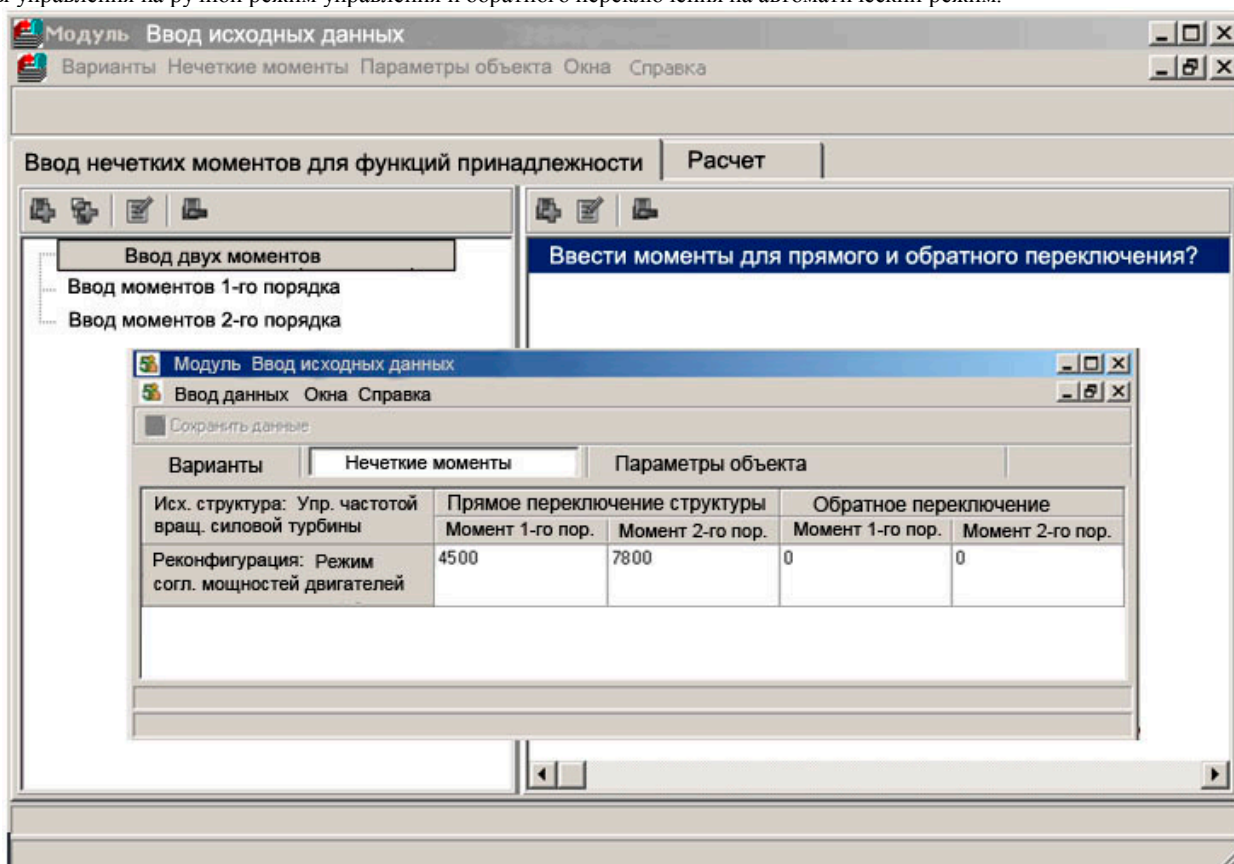


Рис. 2 - Закладка «Нечеткие моменты» модуля «Ввод исходных данных»

Эти данные используются в процедуре оптимизации показателей размытости нечетких множеств, экстремальными которых являются искомые функции принадлежности к возможным состояниям исследуемой системы. Данная процедура имеет два варианта – с использованием одного и двух нечетких моментов. Данная опция задается выпадающим списком. В зависимости от выбранного варианта подзакладка «Ввод двух моментов» обеспечивает ввод моментов первого и второго порядков для режимов прямого и обратного переключения структуры. После ввода и проверки исходных данных кнопка «Расчет» запускает процедуру оптимизации.

Закладка «Параметры объекта» обеспечивает ввод параметров заданной части системы для выбранного режима работы силовой установки. Учитывая условия параметрической неопределенности, в которых осуществляется функционирование системы управления силовой установкой вертолета, в программе предусмотрена возможность случайного разброса введенных параметров.

Модуль «Синтез интегрированной САУ СУ вертолета» является головным модулем программы, реализующим основные процедуры синтеза системы синхронизации режимов работы двигателей вертолета по комплексу параметров и алгоритма совмещенного управления силовой установкой вертолета. Главное окно этого модуля представлено на рис. 3. Главное окно модуля включает две закладки: «Варианты» и «Результаты синтеза».

Закладка «Варианты» задает вариант структурной схемы исследуемой системы, который запускает соответствующую процедуру синтеза. Выбор варианта осуществляется с помощью выпадающего списка. Запуск процедуры расчета параметров производится с помощью кнопки «Синтез». При этом в правой части диалогового окна выводится структурная схема синтезированной системы.

Закладка «Результаты синтеза» запускает механизм моделирования синтезированной системы управления. В ее состав входят две подзакладки: «Результаты синтеза» и «Результаты моделирования». Подзакладка «Результаты синтеза» позволяет загружать структуру и параметры систем, синтезированных в данном модуле. С помощью подзакладки «Результаты моделирования» на экран выводятся данные, полученные в ходе моделирования синтезированных систем.

Таким образом, разработанный программный комплекс позволяет автоматизировать основные процедуры, связанные с исследованием интегрированной системы синхронизации режимов работы двигателей силовой установки вертолета в условиях структурной и параметрической неопределенности.

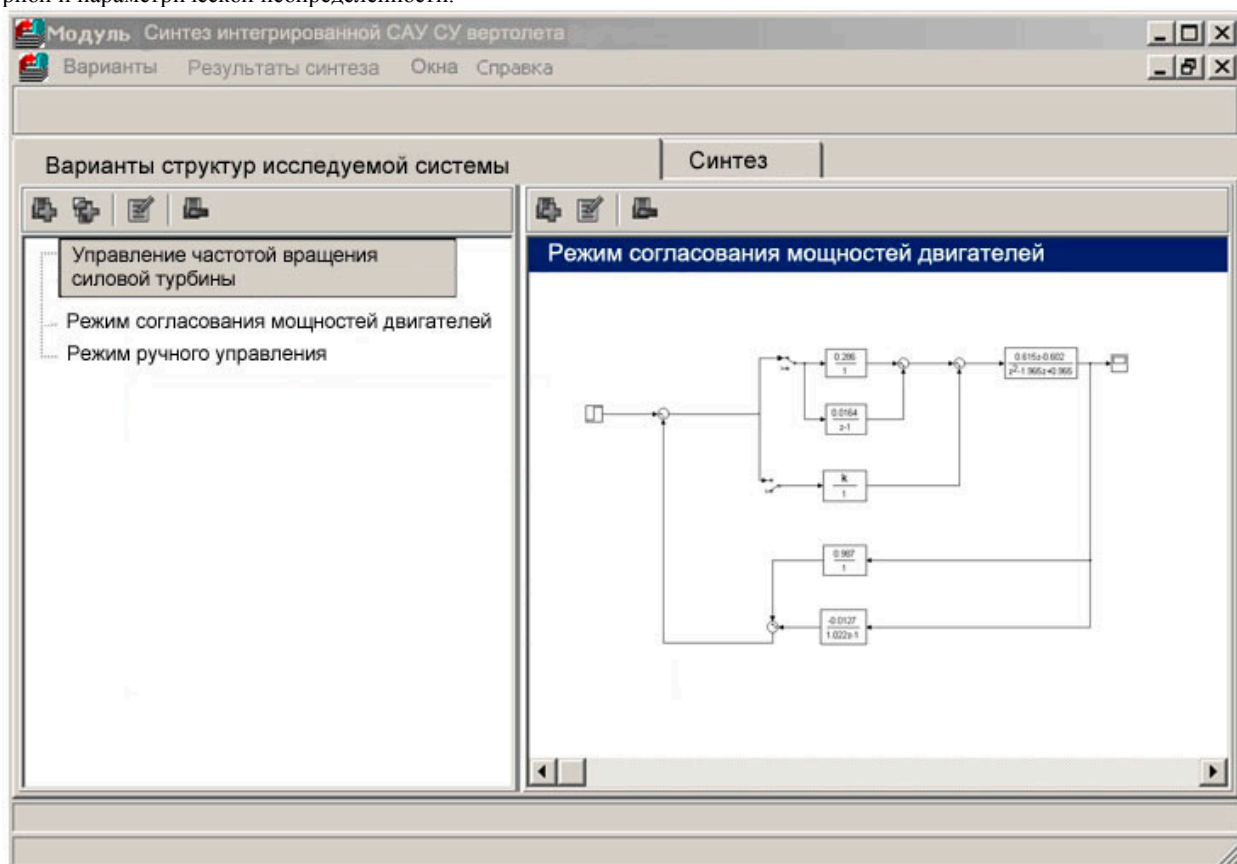


Рис. 3 - Диалоговое окно модуля «Синтез интегрированной САУ СУ вертолета»

Показано, что использование среды визуального объектно-ориентированного программирования Delphi 7 в версии Embarcadero Rad Studio 2010 позволяет обеспечить возможности расширяемости, масштабируемости, мобильности и переносимости программного продукта, что необходимо для эффективной работы с программными средствами.

#### Литература

1. Микрюков С.Г., Ефанов В.Н., Зайцева А.А. Синтез системы синхронизации режимов работы двигателей силовой установки вертолета // Авиакосмическое приборостроение, № 11, 2012. - С. 3-9.
2. Микрюков С.Г., Ефанов В.Н., Зайцева А.А. Алгоритм совмещенного управления силовой установкой вертолета // Мехатроника, автоматизация, управление, №8, 2013. - С. 59 – 64.
3. Ефанов В.Н., Зайцева А.А. Система поддержки принятия решений экипажем вертолета на основе темпоральных прецедентов // Вестник УГАТУ: научный журнал УГАТУ. 2014. Т. 18, № 5 (66). С. 161–170.
4. Вельдяев А.П., Дементьев В.В., Ефанов В.Н., Зайцева А.А. Модель многорежимной двухдвигательной силовой установки вертолета. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2014660919. М.: Роспатент, 2014.

#### References

1. Mikryukov S.G., Efanov V.N., Zaytseva A.A. Sintez sistemyi sinhronizatsii rezhimov raboty dvigateley silovoy ustanovki vertolet // Aviakosmicheskoe priborostroenie, № 11, 2012. - С. 3-9.
2. Mikryukov S.G., Efanov V.N., Zaytseva A.A. Algoritm sovmeshchennogo upravleniya silovoy ustanovkoy vertolet // Mehatronika, avtomatizatsiya, upravlenie, №8, 2013. - С. 59 – 64.
3. Efanov V.N., Zaytseva A.A. Sistema podderzhki prinyatiya resheniy ekipazhem vertolet na osnove temporalnykh pretsedentov // Vestnik UGATU: nauchnyiy zhurnal UGATU. 2014. T. 18, № 5 (66). S. 161–170.

Заельская Н.А.

Старший преподаватель, Оренбургский государственный университет

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗБИЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА НА КЛАССЫ

Аннотация

В статье используются метод интеллектуального анализа – деревья решений для разбиения пользователей на классы, используя статистику заказов интернет-магазина.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ, деревья решений, классы пользователей, интернет-магазин.

Zayelskaya N. A.

Senior teacher, Orenburg state university

## USE OF THE PRINCIPLES WORK OF DECISIONS TREES FOR THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF SPLITTING USERS OF ONLINE STORE INTO CLASSES

Abstract

In article methods of the data mining are used – trees of decisions for splitting users into classes, using statistics of orders of online store.

**Keywords:** data mining, trees of decisions, classes of users, online store.

В последнее время с активным распространением интернет-технологий интернет торговля приобретает все большую популярность. Расширяется и круг потребителей товаров и услуг интернет-торговли. В общем значении пользователь – это лицо или организация, которое использует действующую систему для выполнения конкретной функции.

Пользователь интернет-магазина – это лицо, которое посредством использования сервисов онлайн-магазина изучает ассортимент, сравнивает и выбирает, оплачивает и получает какой-либо товар. Все пользователи интернет-магазинов имеют разные потребности. Для успешной торговли владельцу интернет-магазина необходимо знать потребности пользователей. Чтобы посетитель интернет-магазина перешел в разряд покупателя или постоянного покупателя необходимо спрогнозировать портрет посетителя. После совершения первой покупки, пользователя необходимо заинтересовать, провести необходимые мероприятия, для того чтобы он не отказался от последующих покупок в пользу другого интернет-магазина.

Интернет-технологии предлагают много возможностей для воздействия на покупателя. Среди этих возможностей можно выделить сравнение предлагаемых товаров по ценовой категории или функциональным характеристикам, отзывы по качеству товара или предоставляемым услугам. Наиболее предпочтительным является тип пользователей, которые ищут информацию в Интернете и готовы совершать покупки в сети. Этих пользователей можно классифицировать, используя информацию о заказах и в дальнейшем использовать эту классификацию для проведения мероприятий по мотивации различных классов пользователей к совершению покупок.

Для решения задач классификации в интеллектуальном анализе данных используются метод деревьев решений. Деревья решений – это способ представления правил в иерархической, последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение. Под правилом понимается логическая конструкция, представленная в виде "если ... то ..." [1]. Для построения дерева решения выбран Алгоритм C4.5, усовершенствованная версия алгоритма ID3 (Iterative Dichotomizer).

В качестве исходных данных для классификации взяты заказы клиентов Интернет-магазина. Статусы клиентов могут быть выбраны из предложенных – новичок, постоянный активный и VIP. Необходимо провести классификацию всех клиентов по статусам в зависимости от количества выполненных, оплаченных и отказанных заказов у каждого из них. А также необходимо учитывать при определении статуса способ оплаты из количества выполненных заказов – оплата по карте или оплата при получении. Данные по статистике заказов содержат следующие поля: Номер клиента, Статус клиента, Выполненные заказы, Отказанные заказы, Оплата картой, Оплата при получении.

Модель классификации клиентов Интернет-магазина на новичков, постоянных, активных и VIP построена при помощи алгоритма построения дерева решений C4.5 в Deductor Studio Academic.

В результате работы алгоритма было выявлено 5 правил.

Условие	Следствие	Поддержка	Достоверность
ЕСЛИ		71	33
Выполненные заказы < 6		22	18
Оплата картой < 4	новичок	17	16
Оплата картой >= 4	постоянный	5	3
Выполненные заказы >= 6		49	30
Выполненные заказы < 18		40	28
Выполненные заказы < 12	постоянный	29	27
Выполненные заказы >= 12	активный	11	10
Выполненные заказы >= 18	VIP	9	7

Рис. 1 – Дерево решений по статистике заказов покупателей интернет-магазина

В графическом представлении дерева решений каждое правило читается следующим образом.

ЕСЛИ Выполненные заказы < 6 и Оплата картой < 4 ТО Новичок

ЕСЛИ Выполненные заказы < 6 и Оплата картой >= 4 ТО Постоянный

ЕСЛИ Выполненные заказы >= 6 и Выполненные заказы < 12 ТО Постоянный

ЕСЛИ Выполненные заказы >= 6 и < 18 и Выполненные заказы < 12 ТО Постоянный

ЕСЛИ Выполненные заказы >= 6 и < 18 и Выполненные заказы >= 12 ТО VIP Активный

ЕСЛИ Выполненные заказы >= 18 ТО VIP

В анализируемой выборке статистики заказов выделен один атрибут, значимость которого наибольшая – Выполненные заказы (91,7%). Атрибут Оплата картой тоже является значимым, но не вносит существенный вклад на формирование классификации выходного поля (8,3%). По полученной таблице сопряженности можно сделать вывод, что 89,3% исходной выборки было классифицировано правильно и только 10,7% ошибочно.

Таким образом, можно сделать вывод, что при отнесении пользователя к определенному классу влияние будут оказывать два фактора Количество выполненных заказов и Оплата картой. Отказ от заказа и Оплата при получении не оказывает влияния при определении пользователя в один из выделенных классов.

#### Литература

1 BaseGroup Labs технологии анализа данных. [Электронный ресурс] Режим доступа – <http://www.basegroup.ru> (дата обращения: 29.03.2015).

2 Люгер, Джордж Ф, Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.

#### References

1 BaseGroup Labs tehnologii analiza dannyh. [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa – <http://www.basegroup.ru> (data obrashhenija: 29.03.2015).

2 Ljuger, Dzhordzh F, Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody reshenija slozhnyh problem, 4-e izdanie.: Per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'jams», 2003. – 864 s.

**Иванова Т.Н.<sup>1</sup>, Маслов П.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Доцент, кандидат технических наук, <sup>2</sup>бакалавр, Чайковский филиал ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

##### Аннотация

*Повышение качества шлифования тонких плоских деталей может быть повышено при оснащении магнитным приспособлением с внутренним охлаждением. Недостатками известных электромагнитных приспособлений является их нагрев как изнутри, так и снаружи плиты, что приводит к геометрическим погрешностям обрабатываемых деталей. Цель: снижение выделенного тепла при шлифовании в магнитной плите и закрепленной на ней обрабатываемой детали. Задача: проведение теоретических и экспериментальных исследований тепловых явлений электромагнитных приспособлений с внутренним охлаждением позволит снизить величину тепловой деформации обрабатываемой плоской детали.*

**Ключевые слова:** электромагнитное приспособление с внутренним охлаждением, тонкие плоские детали, снижение тепловой деформации.

**Ivanova T. N.<sup>1</sup>, Maslov, P. A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Docent, candidate of technical Sciences, <sup>2</sup>Bakalavr, Tchaikovsky branch of "Perm national research Polytechnic University

#### STUDY OF THE THERMAL OPERATION OF ELECTROMAGNETIC DEVICES

##### Abstract

*Improving the quality of grinding thin flat parts can be increased by equipping the magnetic device with internal cooling. The disadvantages of the known electromagnetic devices is heating both inside and outside of the plate, which leads to the geometric errors of the workpiece. Goal: decrease the selected heat in the magnetic plate and fixed thereto workpiece. Task: conduct theoretical and experimental studies of the thermal phenomena of electromagnetic devices with internal cooling will reduce the amount of thermal deformation of the machined flat parts.*

**Keywords:** electromagnetic device with internal cooling, thin flat parts, reduction of thermal deformation

Обеспечение высокой производительности труда и повышение качества изготовления деталей, снижение их трудоемкости и себестоимости возможно за счет совершенствования крепежной оснастки. Для крепления тонких плоских деталей (толщиной 0,5... 2,5 мм, длиной до 100 мм, шириной 2...12 мм) из магнитных материалов в машиностроении применяются электромагнитные приспособления в виде плит с постоянными магнитами [1]. Достоинствами этих плит является быстрое закрепление и раскрепление детали; прочность закрепления; возможность одновременного закрепления нескольких деталей. В процессе обработки деталей происходит выделение тепла, которое частично переходит в магнитную плиту и закрепленную на ней обрабатываемую деталь. Кроме того, приспособление нагревается изнутри из-за работы электромагнитных катушек.

Вследствие теплового расширения материала обрабатываемой детали возникает тепловая деформация, результатом которой будет погрешность геометрических отклонений детали, причем величина этой погрешности тем больше, чем выше температура нагрева плиты. Поэтому вопрос о нагреве электромагнитной плиты в процессе ее эксплуатации имеет практическое значение.

Основное энергетическое взаимодействие электромагнитной плиты с внешней средой, обусловленное процессом электромагнитной индукции, заключается в непосредственном преобразовании входной энергии магнитного поля в механическую энергию крепления. Недостаток электромагнитного преобразования энергии проявляется в том, что часть энергии, подведенной к электрической плите извне, превращается в теплоту, которая является нежелательным процессом, вызывающим необходимость отвода теплоты изнутри приспособления [2].

При эксплуатации электромагнитное приспособление необходимо рассматривать не изолированно, а как часть тепловой системы станок – приспособление – инструмент – заготовка. Необходимо также учитывать, что приспособление нагревается только тогда, когда она включено, т.е. во время обработки деталей. При включении электромагнитного приспособления в сеть, его температура изменяется по выражению [1]:

$$\tau = \frac{P}{qS} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_n}} \right), \quad (1)$$

где  $P$  – мощность, потребляемая плитой, Вт;  $S$  – площадь поверхности плиты, отдающей тепло, м<sup>2</sup>;  $q$  – коэффициент теплоотдачи, учитывающий передачу тепла в окружающую среду, Вт/м<sup>2</sup>·град;  $t$  – время нагрева плиты, с;  $T_n$  – постоянная времени нагрева.

Теоретический расчет теплового режима работы электромагнитного приспособления связан с большими трудностями, которые усугубляются еще и тем, что величина коэффициента теплоотдачи  $q$ , входящего в выражение (1), зависит от большого количества разнообразных факторов (геометрических параметров детали, свойства охлаждающей жидкости и т.д.), и для магнитных приспособлений значений этого коэффициента в настоящее время нет. Не менее сложно и нахождение величины  $T_n$  в выражении (1).

Сложность теоретического расчета явилось причиной, обусловившими проведение экспериментального исследования теплового режима работы электромагнитного приспособления. По результатам этого исследования необходимо было получить

такие экспериментальные данные, которые позволили бы в дальнейшем с достаточной для практики точностью определять температуру нагрева оснастки по параметрам: размерам плиты, потребляемой мощности или режимов шлифования.

Измерения температуры нагрева электромагнитного приспособления при шлифовании производили для трех случаев: в сухую, с СОЖ поливом, и применении магнитного приспособления с внутренним охлаждением [2]. Шлифование производилось кругом 4А 250х32х25 АС6 100/80 М1-01 4 на режимах:  $V_{кр} = 20$  м/с,  $S_{пр} = 1,0$  м/мин,  $t = 0,1$  мм. Обрабатываемый материал сталь ХВГ. Электромагнитные приспособления устанавливались на стол плоско-шлифовального станка мод. 3Е711В. Температура регистрировалась через каждые 7 мин. работы. Измерение температуры внутри электромагнитного приспособления производилось термометрическими зондами с теплоизолированной по краям термопарой в трех разных точках, расположенных по высоте намотки и посередине ее длины. Горячий спай термопар помещали между витками катушек при их намотке, а холодный спай – в термостате. Параллельно с непосредственным измерением температуры с помощью термопар производилось определение температуры нагрева намоток катушек. Снаружи измерение температуры нагрева адаптерной плиты производилось с помощью термометров, установленных на стойках.

Зависимости повышения температуры нагрева приспособления от мощности  $P$  для различных размеров плит показывают (рис. 1, а), что с увеличением потребляемой мощности  $P$  температура нагрева уменьшается в зависимости от применяемого приспособления. С ростом потребляемой мощности увеличение температуры замедляется и при больших значениях  $P$  коэффициент теплоотдачи стабилизируется.

С увеличением размеров приспособлений температура нагрева электромагнитного приспособления уменьшается (рис. 1, б). Распределение температуры по высоте катушек приспособлений с внутренним охлаждением обуславливается большой скоростью охлаждения изнутри. Поэтому при больших размерах приспособлений поток хладагента полностью обтекает внутреннюю поверхность плиты, что обеспечивает хорошую конвективную теплоотдачу. Чрезмерный нагрев катушек снижает долговечность и надежность работы приспособления, т.к. вследствие нарушения изоляции обмотки катушки могут выйти из строя. Поэтому работа на электромагнитном приспособлении длительное время без охлаждения не рекомендуется. Приведенные результаты экспериментов по исследованию тепловых явлений в электромагнитных приспособлениях показывают снижение температуры при использовании приспособлений с внутренним охлаждением.

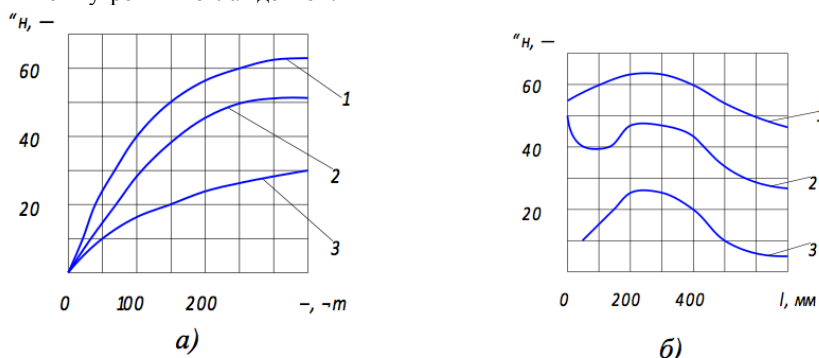


Рис. 1. Зависимость температуры нагрева магнитного приспособления от а) мощности, б) длины плиты: 1 – при шлифовании в сухую, 2 – при шлифовании с СОЖ поливом, 3 – при шлифовании на магнитном приспособлении с внутренним охлаждением.

Применение электромагнитного приспособления с внутренним охлаждением позволяет снизить величину тепловой деформации как обрабатываемой плоской детали за счет интенсификации теплоотвода через установочную поверхность, так и самого приспособления за счет подачи хладагента внутрь приспособления, в результате повышается точность обработки и улучшается качество обрабатываемых тонких плоских деталей.

#### Литература

1. Верников, А.Я. Магнитные и электромагнитные приспособления в металлообработке. – М.: Машиностроение, 1984. – 160 с.
2. Иванова, Т.Н. Современная оснастка в технологии алмазного торцового шлифования плоских поверхностей: Монография / Т.Н. Иванова, А.М. Долганов // Екатеринбург - Ижевск: Изд-во Института Экономики УрО РАН, 2007. – 364 с.
3. Патент на изобретение № 2207239 / МПК 7 В 23 Q 3/08. Магнитное приспособление. / Свитковский Ф.Ю., Иванова Т.Н. /Россия/ № 2001119494. Заявлено 13.07.2001, опубл. 27.06.2003. Бюл. № 18.

#### References

1. Vernikov, A.Ja. Magnitnye i jelektromagnitnye prispособlenija v metalloobrabotke. – М.: Mashinostroenie, 1984. – 160 s.
2. Ivanova, T.N. Sovremennaja osnastka v tehnologii almaznogo torcovogo shlifovaniya ploskih poverhnostej: Monografiya / T.N. Ivanova, A.M. Dolganov // Ekaterinburg - Izhevsk: Izd-vo Instituta Jekonomiki UrO RAN, 2007. – 364 s.
3. Patent na izobretenie № 2207239 / MPK 7 V 23 Q 3/08. Magnitnoe prispособlenie. / Svitkovskij F.Ju., Ivanova T.N. /Rossija/ № 2001119494. Zajavleno 13.07.2001, opubl. 27.06.2003. Bjul. № 18.

Исмагилов В.А.<sup>1</sup>, Уразбахтина Ю.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Магистрант; <sup>2</sup>Кандидат технических наук, Уфимский государственный авиационный технический университет

#### УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО МОНИТОРИНГА ГЛИКЕМИИ

#### Аннотация

В статье рассмотрено понятие сахарного диабета, его виды, симптомы; предложена структура устройства для неинвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови, указаны основные преимущества разрабатываемого устройства.

**Ключевые слова:** неинвазивный метод, мониторинг, глюкоза.

Ismagilov V.A.<sup>1</sup>, Urazbakhtina Y. O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>Candidate of Technical Sciences, Ufa State Aviation Technical University

#### THE DEVICE FOR NON-INVASIVE GLUCOSE MONITORING

#### Abstract

The article deals with the concept of diabetes, its types, symptoms; the article considers structure of the device for non-invasive monitoring of blood glucose levels, identifies the main advantages of the developed device.

**Keywords:** non-invasive method, monitoring, glucose.

Сахарный диабет – это хроническое заболевание, которое развивается вследствие абсолютной или относительной недостаточности гормона поджелудочной железы инсулина. Он необходим, чтобы доносить до клеток организма глюкозу, которая

поступает в кровь из пищи и обеспечивает ткани энергией. При нехватке инсулина или нечувствительности к нему тканей организма уровень глюкозы в крови повышается – это состояние называется гипергликемия, а понижение содержания глюкозы – гипогликемия. Связанные с этим нарушения обмена веществ в организме могут нанести серьезный ущерб практически всем системам организма, особенно нервной и кровеносной системам [3].

По информации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 2014 году уровень заболеваемости диабетом составил 9% среди взрослого населения 18 лет и старше. По оценкам, в 2012 году 1,5 миллиона смертельных случаев произошло по причине диабета. Более 80% случаев смерти от диабета происходит в странах с низким и средним уровнем дохода. По прогнозам ВОЗ, в 2030 году диабет станет седьмой по значимости причиной смерти [2].

Существуют 2 основные формы диабета:

- диабет 1 типа – организм людей с таким типом диабета вырабатывает недостаточное количество инсулина, в связи с этим им требуется ежедневное введение инсулина.

- диабет 2 типа характерен для людей, организм которых неэффективно использует инсулин. Диабет 2 типа, которым болыны 90% людей с диабетом в мире, в значительной мере является результатом излишнего веса и физической инертности.

Кроме этого, существует ещё третий тип диабета – гестационный - является гипергликемией, которая развивается или впервые выявляется во время беременности и диагностируется чаще всего во время пренатального скрининга, а не на основе сообщаемых симптомов.

ВОЗ определила следующие основные мероприятия, которые направлены на диагностирование и лечение сахарного диабета:

- контроль за умеренным содержанием глюкозы в крови;
- контроль кровяного давления;
- контроль за содержанием липидов в крови;
- скрининг с целью выявления ранних признаков болезней почек, связанных с диабетом [1].

На данный момент существует 3 основных способа мониторинга уровня глюкозы в крови:

1. инвазивный;
2. минимально инвазивный;
3. неинвазивный.

В настоящее время создано много средств, позволяющих производить инвазивный мониторинг уровня глюкозы, однако вопрос неинвазивного мониторинга остаётся всё же актуальным, и один из путей решения будет представлен в данной работе.

В результате исследования рынка имеющихся технических средств для инвазивного мониторинга уровня глюкозы в крови и перспективных разработок в области неинвазивного мониторинга, была разработана структурная схема устройства, предназначенная для неинвазивного мониторинга гликемии, представленная на рисунке 1.

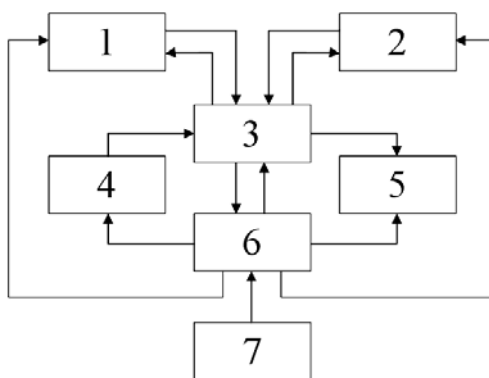


Рис. 1 - Структурная схема устройства неинвазивного мониторинга гликемии

1 – комбинированный датчик; 2 – часы реального времени; 3 – микроконтроллер; 4 – клавиатура; 5 – дисплей; 6 – схема управления источником питания; 7 – источник питания

Работа устройства, представленного на рисунке 1, основана на методе интерпретации метаболического тепловыделения. Суть данного метода в следующем: кислород и глюкоза поступают к клеткам организма с помощью системы кровообращения. После окисления глюкозы кислородом высвобождается энергия в виде тепла в окружающую среду, таким образом, существует взаимосвязь между количеством окисленной глюкозы и количеством кислорода в крови. Также необходимо учесть, что объём поступающего кислорода зависит от скорости кровотока и степени насыщения крови кислородом, а потому количество выделяемого тепла можно выразить следующей зависимостью:  $H=f(G, BF, O)$ , где  $H$  – это количество рассеиваемого тепла,  $G$  – уровень глюкозы в крови,  $BF$  – скорость кровотока,  $O$  – степень сатурации крови кислородом [4].

Таким образом, при известных параметрах  $H$ ,  $BF$ , и  $O$  можно вычислить концентрацию глюкозы.

Разрабатываемое устройство работает следующим образом: после подачи напряжения от источника питания (7) на схему управления источником питания (6) происходит распределение энергии с помощью микроконтроллера (3) на комбинированный датчик (1), часы (2), клавиатуру (4) и дисплей (5). Клавиатура необходима для ввода параметров пациента. Комбинированный датчик позволяет измерять температуру окружающей среды, температуру около кожи, температуру ближнего и дальнего конца металлической пластины, относительную влажность около поверхности кожи пальца. Информация, измеренная датчиком, поступает в микроконтроллер и после соответствующей обработки отображается на дисплее интересующая нас информация.

Преимуществами разрабатываемого устройства, в первую очередь, является его неинвазивность измерений, также необходимо отметить простоту реализации конструкции и лёгкость в управлении и снятии информации.

#### Литература

1. Всемирная организация здравоохранения. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/ru/> (дата обращения 18.03.2015).
2. Гусев В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него: Учебное пособие/В.Г.Гусев.- М.: Машиностроение, 2004.- 759с.
3. Портал о здоровье. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ayzdorov.ru/lechenie\\_diabeta\\_chtotakoe.php](http://www.ayzdorov.ru/lechenie_diabeta_chtotakoe.php) (дата обращения 18.03.2015).
4. Fei Tang, Xiaohao Wang, Dongsheng Wang and Junfeng Li. Non-invasive glucose measurement by use of metabolic heat conformation method. Sensors, 2008.



## References

1. Vsemirnaja organizacija zdravoohraneniya. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/ru/> (data obrashheniya 18.03.2015).
2. Gusev V.G. Poluchenie informacii o parametrah i harakteristikah organizma i fizicheskie metody vozdeystviya na nego: Uchebnoe posobie/V.G.Gusev.- M.: Mashinostroenie, 2004.- 759s.
3. Portal o zdorov'e. [Elektronnyj resurs]. URL: [http://www.ayzdorov.ru/lechenie\\_diabeta\\_chtotakoe.php](http://www.ayzdorov.ru/lechenie_diabeta_chtotakoe.php) (data obrashheniya 18.03.2015).
4. Fei Tang, Xiaohao Wang, Dongsheng Wang and Junfeng Li. Non-invasive glucose measurement by use of metabolic heat conformation method. Sensors, 2008.

Кацуба Ю. Н.<sup>1</sup>, Власова И.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, Национальный Минерально-сырьевой университет «Горный», <sup>2</sup>Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ

*Аннотация*

*В статье рассмотрены подходы применения метода искусственных нейронных сетей к решению задач диагностирования изделий.*

**Ключевые слова:** изделия, диагностирование, искусственные нейронные сети.

Katsuba Y. N.<sup>1</sup>, Vlasova I. C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, national Mineral resources University "Mining", <sup>2</sup>Saint-Petersburg University of Ministry of internal Affairs of the Russian Federation

## APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO DIAGNOSTIC PRODUCTS

*Abstract*

*The article considers the approaches of application of the method of artificial neural networks to solve problems diagnostic products*

**Keywords:** products, diagnostics, artificial neural networks.

Анализ современных диагностических систем свидетельствует о том, что существует объективная научно-техническая проблема создания комплексных систем диагностирования, построенных на универсальных принципах, обеспечивающих высокий уровень достоверности постановки диагноза и прогнозирования технического состояния изделия.

Перспективным направлением является создание инфраструктуры диагностирования неисправностей изделий, основанной на использовании искусственных нейронных сетей.

Искусственные нейронные сети (ИНС) в задачах диагностирования и прогнозирования технического состояния изделий могут быть использованы в качестве подсистемы выборки и принятия решений, передающей диагностическую информацию другим подсистемам управления.

Задачи прогнозирования отказов изделий сложны из-за невозможности четкой постановки соответствия изменений входных и выходных параметров состояния, в котором находится или к которому стремится объект диагностирования.

Для решения задач диагностирования и прогнозирования необходимо сформировать базу с множеством состояний и произвести оценку степени влияния каждого информационного параметра на вероятность перехода изделия в какое-либо из возможных состояний.

Применение ИНС позволит проводить корректировку значений выходных сигналов объекта диагностирования, что позволит своевременно проводить при необходимости техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) для обеспечения его работоспособного состояния. Уточнение диагноза состояния изделия с использованием ИНС позволит выявить некорректные диагнозы при последовательном диагностировании и повысит его достоверность.

Задача диагностирования для ИНС формируется, как необходимость отнести входной вектор, который содержит значения тестовых векторов и выходных реакций объекта на эти вектора, к одному или нескольким возможным техническим состояниям изделия.

Задача диагностирования одновременного появления нескольких неисправностей, и решается отнесением входного вектора к нескольким техническим состояниям, которые представляют совокупность неисправностей формирующих ошибку в работе изделия.

Поэтому для диагностирования целесообразно использовать метод подбора коэффициентов влияния – межнейронных связей на основе обучения и нечетких нейронных сетей, функционирование которых основано на принципах нечеткой логики, применяющих для адаптации параметров методы обучения, как с «учителем», так и на основе самоорганизации. [2]

В диагностике технических систем нередко проявляются дефекты, при которых связь между признаками и причинами неисправностей носит неоднозначный характер. Простые двузначные утверждения типа «исправный – 1» / «неисправный – 0» недостаточны, поскольку четкие правила поиска неисправностей в системе основываются на взаимном и однозначном соответствии между причиной и признаками неисправностей, то есть они жестко детерминированы в правилах. Современные диагностические системы должны распознавать опасные условия функционирования, причины и тип возникшей неисправности. Помимо этого ожидается также информация об оценке оставшегося срока службы изделия или его составной части.

Таким образом, выходные параметры диагностической системы должны определять с одной стороны причину и тип дефекта (неисправности), с другой стороны - состояние объекта диагностирования, его соответствие оперативно-функциональному назначению.

Аналитические модели диагностики отказов определяют, выделяют и классифицируют отказы в компонентах системы. Основной проблемой разработки аналитических моделей диагностики отказов является определение разности. Большинство определителей разности основаны на моделях линейных систем. Для нелинейных систем основным подходом является их линеаризация. Однако, для систем с высокой степенью нелинейности и большим количеством нелинейных операций, такая линеаризация не дает удовлетворительных результатов.

Единственным решением данной проблемы является использование большого количества линейных систем, что не очень практично при создании моделей, работающих в реальном времени. Процесс создания моделей очень сложен и точность получаемых результатов, проверить затруднительно. Зная возможности нейронных сетей моделировать сложные системы обладая небольшим количеством информации, позволяет использовать их в аналитических моделях.

В задачах диагностирования и прогнозирования нечеткая нейронная сеть играет роль универсального аппроксиматора функции от нескольких переменных, реализуя нелинейную функцию

$$Y = F(X), \quad (1)$$

где  $\{X(t)\} = \{X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_n(t)\}$  - векторы входной информации (текущие измеренные значения диагностических параметров);



$Y$  – реализация векторной функции нескольких переменных. [3]

Постановка многих задач диагностирования и прогнозирования технического состояния объекта может быть сведена именно к аппроксимационному представлению.

Главной задачей здесь является правильное отделение нормальных разностей от разностей, содержащих данные об отказе. Для выделения отказа разность должна быть обработана таким образом, чтобы стало понятно, какой компонент системы вышел из строя.

Обработка одного сигнала разности не представляет особой трудности, однако, вектор разностей усложняет процесс определения отказа. Основным подходом определения отказа является создание набора структурированных разностных сигналов.

Для установления диагностической информации могут служить статистические модели, увязывающие критерии, оценивающие состояние объекта диагностирования, с отклонениями измеряемых параметров в виде регрессионной модели дефектов. Для оценки влияния факторных коэффициентов на возможное состояние объекта диагностирования целесообразно применение диагностических матриц, с оптимальным количеством измеряемых параметров.

В целом локализация дефектов с помощью диагностической матрицы подобна работе системы нейронов, которая получила название «перцептрон».

Уникальной особенностью для контроля технического состояния изделия является возможность диагностирования электрических машин с помощью нейронных предикторов. Нейронный предиктор (рис. 1) это математическая модель на базе искусственной нейронной сети, которая осуществляет предсказание выходного вектора состояния изделия по его предыстории на один шаг вперед. Для использования нейронного предиктора его необходимо обучить на данных, полученных от исправной электрической машины при ее работе в различных динамических режимах. При обучении нейронная сеть аппроксимирует функциональную зависимость между входными сигналами  $X$  и выходными  $Y$ . В качестве входных сигналов выступают напряжения на обмотках, угловая скорость и момент сопротивления, полученные в ИНС от датчиков, и дополнительно те же сигналы, задержанные на некоторое время. Выходным сигналом является предсказанный на один шаг электрический ток в обмотке.

После обучения нейронный предиктор подключается к диагностируемой электрической машине. Точность предсказания предиктора зависит от времени обучения, объема и качества обучающей выборки. При исправном электродвигателе выходной сигнал предиктора практически совпадает с реально измеренным током, а в случае возникновения неисправности возникает рассогласование  $\Delta$ . По величине и знаку рассогласования, а также скорости изменения величины рассогласования можно производить диагностику технического состояния электрической машины. [4]

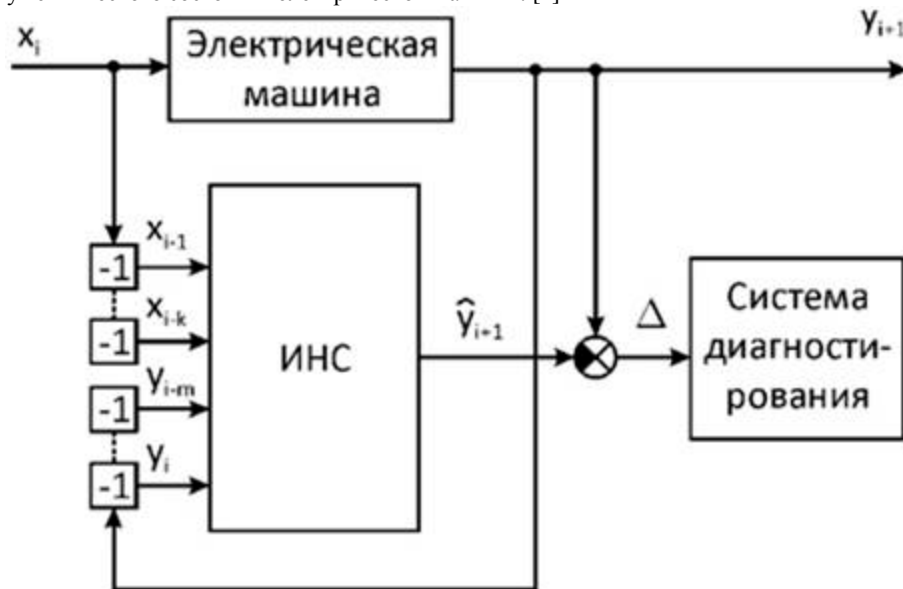


Рис. 1 - Блок-схема нейронного предиктора

Все это приводит к решению использовать нейронные сети для выделения отказов, так как нейронные сети могут быть натренированы определенным образом с целью получения соответствующей связи между входами и выходами изделия.

Каждый нейрон в простейшем случае модифицирует вычислительную сумму с помощью активационной функции в виде сигнала наличия (1) или отсутствия (0) какого-либо отказа или предотказного состояния, а в случае применения более структурированных нечетких нейронных сетей выходным сигналом может служить коэффициент влияния фактора нейронной сети более высокого уровня – вероятность нахождения объекта диагностирования в возможных рабочих, граничных, критических, нерабочих состояниях.

После предъявления входных сигналов совместно с известным входом и баз данных нейронные сети могут самонастраиваться (обучаться) под конкретный объект диагностирования для получения требуемой реакции. Множество контрольных точек изделия, в которых снимаются его характеристики в различных режимах работы, может считаться вектором (каждый вектор соответствует определенному динамическому режиму работы), подаваемым на вход системы. В зависимости от условий работы изделия, вида неисправного элемента и степени повреждения получают различные характеристики одной и той же технической системы. Как правило, неисправность каждого вида связана со специфическим изменением характеристик изделия, свойственным только этой неисправности. Нейрон, побеждающий в конкуренции при определенной комбинации характеристик изделия, представляет впоследствии либо нормальный режим работы, либо определенную неисправность, позволяя тем самым локализовать ее. На основании статистического материала создается база данных. База данных состоит из множества характеристик, отвечающих различным нормальным и предельным состояниям в определенных режимах работы, в которых, как правило, изделие подвергается диагностированию. Главное условие корректного функционирования системы – дифференциация характеристик при различных предельных состояниях. При этом следует выделить те фрагменты характеристик, которые отличаются друг от друга.

Одной из наиболее важных преимуществ нейронных сетей является их способность представлять нелинейные преобразования, таким образом, нейронные сети способны формировать очень точную аппроксимацию для нелинейных функций любой продолжительности. Нейронные сети являются альтернативным вариантом проектирования оценочных устройств.

Важным свойством нейронных сетей является то, что они изучают динамику системы в процессе тренировки, состоящей из нескольких тренировочных циклов, с тренировочными данными, поступающими либо из предыдущего цикла, либо состоящей из реальных сигналов. После каждого цикла нейронная сеть узнает все больше и больше о динамике работы изделия. Одним из

наиболее важных качеств нейронных сетей является их возможность изучать динамику поведения нелинейных систем автоматически, в случае, если архитектура нейронной сети содержит как минимум три слоя. [2]

Обученная нейронная сеть, на основе мониторинга окружающих условий по исходной (входной) информации, может с высокой степенью точности предсказать появление дефектов в изделии и оценить степень его технического состояния, то есть своевременно вывести технический объект из зоны опасного режима эксплуатации для его ремонта.

Перспективными направлениями развития методов и средств диагностики являются методы, основанные на нечеткой логике или нечетких множествах, экспертные системы и нейронные сети. Методы нечеткой логики позволяют значительно упростить описание модели объектов контроля и диагностирования, а также являются более простыми для аппаратной реализации. Экспертные системы позволяют принимать решения о состоянии объекта контроля, если оценка состояния или поиска неисправности объекта контроля является трудно формализуемой задачей. Искусственные нейронные сети используют для идентификации объектов контроля, распознавания образов и прогнозирования состояния технической системы. Применение ИНС позволит получить повышение быстродействия средств диагностирования за счет распараллеливания потоков обработки диагностической информации.

#### Литература

1. Anil K., Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin. Artificial Neural Networks: A Tutorial, IEEE Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44.
2. Беляков В.В., Бушуева М.Е., Сагунов В.И. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов. Н. Новгород: НГТУ, 2001, 271 с.
3. Викторова Е.В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин / Е.В. Викторова // Вестник ХНАДУ, - 2012, - вып. 56. - С. 98-102.
4. Семькина И.Ю. Испытательный комплекс для оценки режимов работы электроприводов горных машин / И.Ю. Семькина, А.В. Киселев, Р.А. Кольцов // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. - 2012. - № 9(75). - С 82-87.
5. Хаханов, В.И., Щерба, О.В. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования цифровых сетей / В.И. Хаханов, О.В. Щерба // Радиоэлектронные и компьютерные системы. - 2010. - № 5 (46), - С. 15-20.

#### References

1. Anil K., Jain, Jianchang Mao, K. M. Mohiuddin. Artificial Neural Networks: A Tutorial, IEEE Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44.
2. Belyakov centuries, Bushuyeva M. E., Sapunov Century. And. multi-objective optimization tasks assess the mobility and competitiveness of automotive engineering and diagnostics of complex technical systems / in. A. Belyakov, M. E. Bushuev, V. I. Sapunov. N. Novgorod: Nizhny Novgorod state technical University, 2001, 271 S.
3. Viktorova E. C. Application of fuzzy neural networks for technical diagnostics of road machinery / E. C. Viktorova // Vestnik hndu, - 2012, - vol. 56. - S. 98-102.
4. Semykina, I. Y. and Test facility for the evaluation of modes of electric mining machines / I. Y. Semykina, A. C. Kiselev, R. A. Koltsov // Journal of scientific publications of graduate students and doctoral candidates. - 2012. - № 9(75). - With 82-87.
5. Hahanov, C. I., szczerba, O. C. Application of artificial neural networks for diagnosis of digital networks / C. I. Hahanov, O. C. szczerba // Radioelectronic and computer systems. - 2010. - № 5 (46), - C. 15-20.

#### Клюев С.В.

Кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

*Работа выполнена в рамках реализации стипендии Президента Российской Федерации СП - 265.2015.1*

#### ФИБРОБЕТОН И ИЗДЕЛИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

#### Аннотация

*В статье рассмотрены вопросы применения фибры для мелкозернистых бетонов.*

**Ключевые слова:** фибробетон, прочность, армирование, эффективность

#### Klyuyev S.V.

PhD in Engineering, Belgorod State Technological, University named after Shukhov

#### FIBER-REINFORCED CONCRETE AND PRODUCTS ON ITS BASIS

#### Abstract

*Acute questions of fibre using for fine-grained concrete are considered in the article.*

**Keywords:** fiber-reinforced concrete, strength reinforcement efficiency

Разработка специальных цементов для высокопрочных бетонов и новые технологии открывают принципиально новые возможности синтеза прочности. Уже первые опыты по оптимизации гранулометрического состава вяжущих в начале 70-х годов выявили значительные резервы снижения водоцементного отношения и интенсификации реакций гидратации. Вслед за получением цементных камней с прочностью на сжатие свыше 250 МПа были получены так называемые DSP-композиты (уплотненные системы, содержащие гомогенно распределенные ультрамалые частицы). Эти материалы, включающие специально подготовленные цементы, микрокремнезем, специальные заполнители и микроволокна, за счет специальных технологических приемов при В/Ц=0,12-0,22 позволяют достичь прочности 270 МПа при высокой стойкости к коррозионным воздействиям и истиранию.

Фибробетон получают путем смешивания фиброволокна и бетонного раствора. При этом немаловажным условием получения качественного материала будет соблюдение следующих условий:

- совместимость бетона-матриц и фиброволокна;
- соблюдение необходимого соотношения раствора и фибры;
- равномерное распределение фиброволокон в бетоне.

Свойства фибробетона напрямую зависят от материала, используемого в качестве фиброволокна.

К несомненным достоинствам фибробетона можно отнести его высокие эксплуатационные характеристики. Бетон, имеющий в своем составе фиброволокно, намного превосходит обычный по качеству, прочности и долговечности. Изделия из него приобретают устойчивость к истиранию и химическому воздействию, не деформируются в процессе эксплуатации и имеют повышенную прочность на разрыв и растяжение. Фибробетон практически не дает усадки и трещин.

Использование фиброволокна в качестве армирующего материала позволяет значительно снизить трудоемкость изготовления бетонных изделий. Такие конструкции не нуждаются в дополнительном усилении при помощи металлических каркасов и сеток. Такой фактор значительно ускоряет процесс строительства и избавляет от трудоемких затрат [1 – 10].

Равномерное распределение фиброволокон в толще бетона, обеспечивает его прочность по всей площади, чего невозможно добиться при обычном армировании. Поверхности фибробетона не страшны сколы и выщерблены.

Фибробетон, в отличие от обычного бетона, обладает устойчивостью к резким перепадам температуры. Конструкции из него имеют такие немаловажные в строительстве свойства, как водонепроницаемость, жаропрочность и морозостойчивость.

Бетон, с наполнением из фиброволокна, имеет значительно меньший вес, чем обычный с арматурой из металлической сетки. Ему можно придать любую форму, что намного упрощает процесс возведения бетонных конструкций. Исключение этапа армирования металлической сеткой также позволяет уменьшить толщину бетонных плит и снизить расход бетонного раствора.

Конструкции из фибробетона имеют более легкий вес и толщину, чем обычные, с металлическими сетками в качестве арматуры. Значительное снижение веса бетонных изделий, за счет отсутствия железной арматуры, легкости наполнителя и меньшей толщины, позволяет использовать их в качестве легких элементов декора и лепнины.

Высокие технические характеристики фибробетона, обеспечивают конструкциям из него, прочность и долговечность. Срок службы таких конструкций превышает изделия из обычного бетона в 15-20 раз.

Фибробетон, вследствие своей прочности, позволяет значительно уменьшить толщину конструкций, что в свою очередь, позволяет сократить расход бетонного состава и снизить затраты на строительство.

Из недостатков фибробетона можно отметить его большую стоимость, по сравнению с обычным бетоном, что является следствием высоких затрат на его производство.

Для строительства объектов XXII зимних Олимпийских игр 2014 года в Сочи и чемпионата мира по футболу 2018 года необходимо в ближайшие годы удвоить производство изгибаемых элементов, таких как балки, плиты, ригели [11 – 19].

Успехи бетоноведения в конце XX-го века обеспечили возможность получения высокопрочных и высококачественных бетонов прочностью на сжатие выше 100 МПа, необходимых при строительстве высотных зданий, платформ для нефтедобычи в морях и океанических шельфах и других уникальных сооружений. Однако при существенном повышении прочности бетонов на сжатие прочность высокопрочных бетонов на растяжение при изгибе повышается незначительно, что снижает возможности и эффективность их применения.

Для улучшения показателей перечисленных свойств бетонов применяется дисперсное армирование бетона волокнами (фиброй) – стальными, стеклянными, базальтовыми, целлюлозными, синтетическими, углеродными и др. [20 – 27].

Эффективность применения фибробетонных конструкций в этих случаях может быть достигнута за счет снижения трудозатрат на арматурные работы, сокращения расхода стали и бетона (за счет уменьшения толщины конструкций), совмещения технологических операций приготовления – бетонной смеси и ее армирования, что, в конечном итоге, приводит к снижению трудоемкости изготовления конструкций на 25 – 35% и экономии строительных материалов на 1 м<sup>3</sup> готового изделия. Кроме того, эффективность использования фибробетона может выражаться в увеличении долговечности конструкций и снижении затрат на текущий ремонт.

На сегодняшний день, наибольшее распространение получили стальные волокна в виде иголок, нарезанные из тонкой стальной проволоки с профилированной поверхностью для лучшего сцепления с бетоном. Аналогичные фибры можно нарезать из тонкого стального листа. Изготовление фибр из стальных отходов позволяет значительно сократить потребление в строительстве дефицитной арматурной стали. Чтобы существенно снизить вязкость смеси применяют специальные добавки. Это органические поверхностно-активные вещества, вводимые в смесь в малых дозах – от нескольких тысячных долей процента до нескольких процентов к массе бетона.

Экономическая эффективность фибробетонных конструкций по сравнению с железобетонными обуславливается за счет: большого снижения трудоемкости, материалоемкости; повышения долговечности; увеличения межремонтного ресурса; исключения недостатков, присущих стержневому армированию.

Ценность волокон состоит в том, что они не только придают бетону новые свойства, но и открывают путь принципиально новой технологии изготовления строительных изделий. Армирование производится непосредственно в бетоносмесительных агрегатах, т.е. в бетономешалку загружают цемент, песок, щебень и сами волокна, перемешивают их и получают готовую к применению армированную бетонную смесь, которую заливают в форму. Время изготовления изделий сокращается практически вдвое. В связи со значительным повышением физико-механических свойств снижается материалоемкость элементов конструкций, что приводит к уменьшению веса зданий и сооружений.

### Литература

1. Клюев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Свойства бетонной матрицы при дисперсном армировании фибрами // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 16. – №2. – С. 96 – 99.
2. Клюев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Ориентация и распределение фибр в цементной матрице // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 16. – №2. – С. 99 – 102.
3. Клюев А.В., Клюев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 4. – С. 67 – 72.
4. Клюев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. К вопросу применения техногенных песков для производства мелкозернистого фибробетона // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 19. – №1. – С. 32 – 34.
5. Клюев С.В., Клюев А.В., Сопин Д.М., Нетребенко А.В., Казлитин С.А. Тяжелонагруженные полы на основе мелкозернистых фибробетонов // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №3. – С. 7 – 14.
6. Клюев А.В. Сталефибробетон для сборно-монолитного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 60 – 63.
7. Клюев А.В. Усиление изгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 38 – 41.
8. Клюев А.В., Лесовик Р.В. Сталефибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках КМА для изгибаемых конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 2. – С. 14 – 16.
9. Клюев С.В., Лесовик Р.В., Клюев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и композиционных вяжущих для промышленного и гражданского строительства. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – 124 с.
10. Клюев С.В., Лесовик Р.В., Клюев А.В., Гинзбург А.В., Казлитин С.А. Фибробетон для тяжелонагруженных полов промышленных зданий. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – 116 с.
11. Клюев С.В., Клюев А.В. Пределы идентификации природных и инженерных систем // Фундаментальные исследования. – 2007. – №12. – С. 24 – 25.
12. Клюев А.В., Нетребенко А.В. Армирующие материалы и их свойства для производства фибробетонов // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – С. 17 – 21.
13. Клюев А.В., Нетребенко А.В. Экспериментальные исследования фибробетона для промышленного и гражданского строительства // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – С. 12 – 16.

14. Ключев А.В., Пикалова Е.К. Технология усиления конструкций углеволокном // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – С. 33 – 37.
15. Ключев А.В., Пикалова Е.К. Расчет усиления железобетонных колонн углеродной тканью // Сборник Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – С. 38 – 41.
16. Уваров В.А., Ключев С.В., Орехова Т.Н., Ключев А.В., Дураченко А.В. Получение высококачественного фибробетона с использованием противотоchnого пневмосмесителя // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №8. – С. 54 – 56.
17. Ключев А.В. К вопросу формирования высококачественных фибробетонных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 6. – С. 55 – 57.
18. Ключев А.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон на техногенном песке КМА для изгибаемых изделий: автореф. дис. ... к.т.н. Белгород. 2012. 24 с.
19. Ключев С.В. Расчет высокоплотной упаковки зерен мелкозернистого бетона / С.В. Ключев, А.Н. Хархардин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 1. – С. 34 – 37.
20. Ключев С.В. Фибробетон с использованием композиционных вяжущих и сырьевых ресурсов КМА для ремонта мостовых конструкций / С.В. Ключев, К.С. Ракитченко, Р.В. Лесовик, А.В. Ключев А.В. Гинзбург. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2014. – 131 с.
21. Ключев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2013. – № 11. С. 38 – 39.
22. Лесовик Р.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе техногенного песка для получения сборных элементов конструкций / Р.В. Лесовик, А.В. Ключев, С.В. Ключев // Технологии бетонов. – 2014. №2. – С. 44 – 45.
23. Лесовик Р.В., Ключев С.В., Ключев А.В., Нетребенко А.В. К проблеме использования техногенных песков КМА для производства мелкозернистого фибробетона и изделий на его основе // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №12. – С. 45 – 48.
24. Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке и композиционных вяжущих с использованием нанодисперсного порошка // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №12. – С. 49 – 51.
25. Ключев А.В., Митрохин А.А., Черкашин Ю.Н., Лесовик Г.А. Расчет фибробетонных конструкций // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 18. – №3. – С. 61 – 65.
26. Ключев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. К вопросу применения фибробетонных покрытий автомобильных дорог // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 18. – №3. – С. 65 – 69.
27. Ключев А.В., Ключев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В. Мелкозернистый фибробетон армированный полипропиленовым волокном // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 4. – С. 67 – 72.

#### References

1. Kljuev A.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V. Svoystva betonnoj matricy pri dispersnom armirovanii fibrarnymi // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2014. – Т. 16. – №2. – С. 96 – 99.
2. Kljuev A.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V. Orientacija i raspredelenie fibr v cementnoj matricе // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2014. – Т. 16. – №2. – С. 99 – 102.
3. Kljuev A.V., Kljuev S.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V. Melkozernistyj fibrobeton armirovannyj polipropilenovym voloknom // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2014. – № 4. – С. 67 – 72.
4. Kljuev A.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V., Pikalova E.K. K voprosu primeneniya tehnogennyh peskov dlja proizvodstva melkozernistogo fibrobetona // Sbornik nauchnyh trudov Sworld. – 2014. – Т. 19. – №1. – С. 32 – 34.
5. Kljuev S.V., Kljuev A.V., Sopin D.M., Netrebenko A.V., Kazlitin S.A. Tjazhelonagruzhennye poly na osnove melkozernistyh fibrobetonov // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. – 2013. – №3. – С. 7 – 14.
6. Kljuev A.V. Stalefibrobeton dlja sborno-monolitnogo stroitel'stva // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2011. – № 2. – С. 60 – 63.
7. Kljuev A.V. Usilenie izгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2011. – № 3. – С. 38 – 41.
8. Kljuev A.V., Lesovik R.V. Stalefibrobeton na kompozicionnyh vjazhushhih i tehnogennyh peskah KMA dlja izгибаемых конструкций // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2012. – № 2. – С. 14 – 16.
9. Kljuev S.V., Lesovik R.V., Kljuev A.V. Fibrobeton na tehnogennom peske KMA i kompozicionnyh vjazhushhih dlja promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva. – Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova. – 2012. – 124 s.
10. Kljuev S.V., Lesovik R.V., Kljuev A.V., Ginzburg A.V., Kazlitin S.A. Fibrobeton dlja tjazhelonagruzhenных полов promyshlennyh zdaniy. – Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova. – 2013. – 116 s.
11. Kljuev S.V., Kljuev A.V. Predely identifikacii prirodnyh i inzhenernyh sistem // Fundamental'nye issledovaniya. – 2007. – №12. – С. 24 – 25.
12. Kljuev A.V., Netrebenko A.V. Armirujushhie materialy i ih svoystva dlja proizvodstva fibrobetonov // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenykh BGTU im. V.G. Shuhova. – Belgorod. – 2013. – С. 17 – 21.
13. Kljuev A.V., Netrebenko A.V. Jeksperimental'nye issledovaniya fibrobetona dlja promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenykh BGTU im. V.G. Shuhova. – Belgorod. – 2013. – С. 12 – 16.
14. Kljuev A.V., Pikalova E.K. Tehnologija usileniya konstrukcij uglevoloknom // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenykh BGTU im. V.G. Shuhova. – Belgorod. – 2013. – С. 33 – 37.
15. Kljuev A.V., Pikalova E.K. Raschet usileniya zhelezobetonnyh kolonn uglevodnoj tkan'ju // Sbornik Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchenykh BGTU im. V.G. Shuhova. – Belgorod. – 2013. – С. 38 – 41.
16. Uvarov V.A., Kljuev S.V., Orekhova T.N., Kljuev A.V., Durachenko A.V. Poluchenie vysokokachestvennogo fibrobetona s ispol'zovaniem protivotochnogo pnevmosmesitelja // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014. – №8. – С. 54 – 56.
17. Kljuev A.V. K voprosu formirovaniya vysokokachestvennyh fibrobetonnyh kompozitov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2014. – № 6. – С. 55 – 57.
18. Kljuev A.V. Dispersno-armirovannyj melkozernistyj beton na tehnogennom peske KMA dlja izгибаемых изделий: avtoref. dis. ... k.t.n. Belgorod. 2012. 24 s.
19. Kljuev S.V. Raschet vysokoplotnoj upakovki zeren melkozernistogo betona / S.V. Kljuev, A.N. Harhardin // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2011. – № 1. – С. 34 – 37.
20. Kljuev S.V. Fibrobeton s ispol'zovaniem kompozicionnyh vjazhushhih i syr'evykh resursov KMA dlja remonta mostovyh konstrukcij / S.V. Kljuev, K.S. Rakitchenko, R.V. Lesovik, A.V. Kljuev A.V. Ginzburg. – Belgorod: Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova. – 2014. – 131 s.
21. Kljuev S.V. Vysokoprochnyj stalefibrobeton na tehnogennyh peskah KMA // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka. – 2013. – № 11. С. 38 – 39.

22. Lesovik R.V. Melkozernistyj stalefibrobeton na osnove tehnogennogo peska dlja poluchenija sbornyh jelementov konstrukcij / R.V. Lesovik, A.V. Kljuev, S.V. Kljuev // *Tehnologii betonov*. – 2014. №2. – S. 44 – 45.
23. Lesovik R.V., Kljuev S.V., Kljuev A.V., Netrebenko A.V. K probleme ispol'zovanija tehnogennyh peskov KMA dlja proizvodstva melkozernistogo fibrobeta i izdelij na ego osnove // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. – 2014. – №12. – S. 45 – 48.
24. Kljuev A.V. Fibrobeton na tehnogennom peske i kompozicionnyh vjazhushchih s ispol'zovaniem nanodispersnogo poroshka // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. – 2014. – №12. – S. 49 – 51.
25. Kljuev A.V., Mitrohin A.A., Cherkashin Ju.N., Lesovik G.A. Raschet fibrobetonnyh konstrukcij // *Sbornik nauchnyh trudov Sworld*. – 2014. – T. 18. – №3. – S. 61 – 65.
26. Kljuev A.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V. K voprosu primeneniya fibrobetonnyh pokrytij avtomobil'nyh dorog // *Sbornik nauchnyh trudov Sworld*. – 2014. – T. 18. – №3. – S. 65 – 69.
27. Kljuev A.V., Kljuev S.V., Netrebenko A.V., Durachenko A.V. Melkozernistyj fibrobeton armirovannyj polipropilenovym voloknom // *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*. – 2014. – № 4. – S. 67 – 72.

**Ключникова Д. В.**

Кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий

### **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТВОРОЖНЫЙ ПРОДУКТ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрено значение творожных продуктов в питании человека и предложена технология получения творожного продукта функциональной направленности, обогащенного тыквой.*

**Ключевые слова:** тыква, творожный продукт, функциональное питание.

**Kljuchnikova, D.V.**

PhD in Engineering, Professor, Voronezh state University of engineering technology

### **FUNCTIONAL CURD PRODUCT**

*Abstract*

*In the article the value of curd products in human nutrition and the technology of obtaining curd product functional orientation, enriched with pumpkin.*

**Keywords:** the pumpkin, cheese product, functional food.

Последние годы проблема дефицита полноценных животных белков и микронутриентов в питании человека является очень актуальной. Как известно, важная роль в рациональном питании принадлежит животным белкам. Наиболее подходящей основой для белковых продуктов с функциональными свойствами являются молочные продукты, в частности творог и творожные изделия. Творог представляет собой традиционный белковый кисломолочный продукт, обладающий высокими пищевыми и лечебно-диетическими свойствами. Его вырабатывают путем сквашивания пастеризованного цельного или обезжиренного молока и удаления из полученного сгустка части сыворотки.

В состав творога входит 14-17 % белков, до 18 % жира, 2,4-2,8 % молочного сахара. Он богат кальцием, фосфором, железом, магнием – веществами, необходимыми для роста и правильного развития молодого организма. Творог и изделия из него очень питательны, так как содержат много белков и жира. Белки творога частично связаны с солями фосфора и кальция. Это способствует лучшему их перевариванию в желудке и кишечнике. Поэтому творог хорошо усваивается организмом.

Метионин и холин, содержащиеся в составных частях творога, предупреждают атеросклероз. Особенно нужен творог детям, беременным женщинам и кормящим матерям, так как находящиеся в нем соли кальция и фосфора расходуются на образование костной ткани, крови и т. д. Творог рекомендуется больным туберкулезом и страдающим малокровием. Он полезен при заболеваниях сердца и почек, сопровождающихся отеками, так как кальций способствует выведению жидкости из организма. Обезжиренный творог рекомендуется при ожирении, болезнях печени, атеросклерозе, гипертонической болезни, инфаркте миокарда. При подагре и других заболеваниях, когда белки мяса и рыбы противопоказаны, их заменяют белком творога.

В твороге имеется большое количество аминокислот, в том числе и незаменимых: валин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин.

Современные тенденции совершенствования ассортимента творога ориентированы на создание сбалансированной по пищевой и биологической ценности продукции функциональной направленности.

Рынок творожных продуктов аналитиками оценивается, как динамично растущий, с изменяющейся культурой потребления. Основные сегменты рынка хорошо сформированы, однако есть слабо заполненные ниши, например, творожные пудинги или диетические десерты без сахара. Специалисты отрасли прогнозируют, что в ближайшее время потребители будут отдавать предпочтение продуктам высокого качества без красителей и консервантов, обогащенным функциональными натуральными ингредиентами.

За последние годы в рационе россиян выявлен недостаток белка, содержащего все незаменимые аминокислоты. Наиболее подходящей основой для белковых продуктов с функциональными свойствами являются молочные продукты, в частности творог и творожные изделия. В связи с этим разработка технологии творожных десертов с растительными компонентами-обогащителями актуальна.

Наиболее привлекательными пищевыми растительными наполнителями для творога являются фруктовые и ягодные добавки, которые популярны благодаря своему натуральному, природному вкусу, приданию продукту красивого цвета и чудесного аромата.

Нами предложена технология низкокалорийного творожного продукта с овощным наполнителем – тыквой. Тыква – овощ, богатый витаминами (А, Е, С, группа В, фолиевая кислота) микроэлементами (медь, цинк, железо, кобальт, йод, марганец, фтор), макроэлементами (кальций, калий, магний, фосфор, натрий), органическими кислотами, простыми сахарами (фруктоза и глюкоза), пищевыми волокнами (клетчатка) и пектинами. Калорийность 100 г свежей тыквенной мякоти составляет 25 калорий. Низкокалорийный творожный продукт является функциональным продуктом, обеспечивающим поступление в организм не только полноценного молочного белка, но и растительной клетчатки.

Таким образом, использование тыквы в технологии творожного продукта позволяет не только расширить линейку творожных продуктов, но и предложить рынку функциональный диетический продукт, рекомендуемый всем группам населения.

### **Литература**

1. Батищева, Л. В. Особенности производственного контроля в технологии молочных продуктов с растительными добавками / Л.В. Батищева, Д.В. Ключникова, Е. Е. Курчаева // Актуальные вопросы технологий производства, переработки, хранения сельскохозяйственной продукции и товароведения: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава факультета технологии и товароведения. Вып. II. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 244 с.
2. Ключникова, Д. В. Использование тыквы в технологии низкокалорийного творожного десерта. / Д. В. Ключникова, Е.Л. Лесняк // Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности:

наука, образование и производство» [Электронный ресурс]: сборник материалов, 3-4 декабря 2013 г. / Воронеж. гос. ун-т инженерных технологий, ВГУИТ, 2013. –с.455.

3. Ключникова, Д.В. Способ получения обогащенного творога. /Д.В. Ключникова, Е.Л. Кузьмина // Производство и переработка с/х продукции: менеджмент качества и безопасности. Материалы II международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ВГАУ и 20-летию образования факультета технологии и товароведения 24-26 апреля 2013г, Воронеж 2013, с.75-76

4. Ключникова, Д.В. Роль микробиологических показателей в оценке качества творожных изделий / Материалы ЛП отчетной научной конференции за 2013 год. Воронеж, ВГУИТ, - 2014. С. 59.

5. Ключникова, Д. В. Использование растительного сырья технологии творожных десертов/ Д. В. Ключникова, Е.А. Лесняк // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 113-114.

#### References

1. Batishheva, L. V. Osobennosti proizvodstvennogo kontrolja v tehnologii molochnyh produktov s rastitel'nyimi dobavkami / L.V. Batishheva, D.V. Kljuchnikova, E. E. Kurchaeva // Aktual'nye voprosy tehnologij proizvodstva, pererabotki, hranenija sel'skohozjajstvennoj produkcii i tovarovedenija: materialy nauchno-prakticheskoi konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava fakul'teta tehnologij i tovarovedenija. Vyp. II. – Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2013. – 244 s.

2. Kljuchnikova, D. V. Ispol'zovanie tykvy v tehnologii nizkokalorijnogo tvorozhnogo deserta. / D. V. Kljuchnikova, E.L. Lesnjak // Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija (zaohnaja) «Innovacionnye tehnologii v pishhevoj promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo» [Jelektronnyj resurs]: sbornik materialov, 3-4 dekabrja 2013 g. / Voronezh. gos. un-t inzhenernyh tehnologij, VGUIT, 2013. –s.455.

3. Kljuchnikova, D.V. Sposob poluchenija obogashhennogo tvoroga. /D.V. Kljuchnikova, E.L. Kuz'mina // Proizvodstvo i pererabotka s/h produkcii: menezhment kachestva i bezopasnosti. Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii, posvjashhennoj 100-letiju VGAU i 20-letiju obrazovaniya fakul'teta tehnologij i tovarovedenija 24-26 aprelya 2013g, Voronezh 2013, s.75-76

4. Kljuchnikova, D.V. Rol' mikrobiologicheskikh pokazatelej v ocenke kachestva tvorozhnyh izdelij / Materialy LPI otchetnoj nauchnoj konferencii za 2013 god. Voronezh, VGUIT, - 2014. S. 59.

5. Kljuchnikova, D. V. Ispol'zovanie rastitel'nogo syr'ja tehnologii tvorozhnyh desertov/ D. V. Kljuchnikova, E.A. Lesnjak // Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2014. № 5-1. S. 113-114.

#### Ключникова Д. В.

Кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

#### Аннотация

*В статье рассмотрено значение творожных продуктов в питании и предложена технология получения творожного продукта функциональной направленности с применением белкового концентрата «Norra SOL 2018».*

**Ключевые слова:** белковый концентрат, творожный продукт, функциональное питание.

#### Kljuchnikova, D.V.

PhD in Engineering, Professor, Voronezh state University of engineering technology

#### USING PROTEIN CONCENTRATE IN TECHNOLOGY OF CHEESE PRODUCT

#### Abstract

*In the article the value of curd products in human and the technology of obtaining curd product of a functional orientation with the use of protein concentrate "Norra SOL 2018".*

**Keywords:** protein concentrate, whey product, a functional food.

**Козлюк Е.А.<sup>1</sup>, Ладанов В.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Курсант, <sup>2</sup>Доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА В СИЛОВОЙ УСТАНОВКЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ГАЗ-5903**

*Аннотация*

*В статье описываются вопросы усовершенствования штатной системы топливоподачи силовой установки транспортного средства специального назначения (ТССН), поставляемой для оснащения силовых структур МВД России, за счет внедрения системы топливоподачи аккумуляторного типа.*

**Ключевые слова:** транспортное средство специального назначения, усовершенствование, система топливоподачи аккумуляторного типа.

**Kozlyuk E.A.<sup>1</sup>, Ladanov V.I.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Cadet, <sup>2</sup>Associate professor, Perm Military Institute of Internal Troops Russian Interior Ministry

**THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF FUEL BATTERY TYPE PROPULSION SPECIAL PURPOSE VEHICLES GAZ-5903**

*Abstract*

*This article describes the issues of improvement of standard fuel system powerplant special purpose vehicle (TSSN) supplied to equip law enforcement agencies MVD of Russia, due to the introduction of the fuel battery type.*

**Keywords:** special purpose vehicle, the improvement of the system of fuel supply battery type.

На современном этапе силовые структуры Российской Федерации должны являться высоко мобильными, профессионально подготовленными, оснащенными современным вооружением, военной и специальной техникой, должны находиться в постоянной готовности, способные эффективно участвовать в обеспечении национальной обороны, государственной и общественной безопасности Российской Федерации.

Развитие и структурные изменения всех компонентов силовых структур осуществляется на научной основе, с учетом решаемых ими задач, принципов их строительства и служебно-боевого применения.

Одним из основных направлений развития силовых структур является оптимизация их организационно-штатных структур, определение порядка их оснащения новейшими вооружением, военной и специальной техникой, в т.ч. модернизированными образцами, соответствующими современным экологическим и техническим нормам.

ТССН ГАЗ-5903 является основной боевой единицей силовых структур МВД России общей массой 13600 кг и имеет дизельную силовую установку номинальной мощностью 191 кВт при оборотах коленчатого вала 2600 мин<sup>-1</sup>, т.е. удельную мощность примерно 14 кВт/т [1]. Для сравнения, современные иностранные образцы ТССН имеют удельную мощность в пределах 15-20 кВт/т [2]. Анализ проводимых отечественных и зарубежных исследований показывает, что для обеспечения высокой подвижности, надежности силовой установки при эксплуатации в сложных условиях местности, высоких тягово-скоростных свойств, увеличения ее бронезащищенности (в настоящий момент она только противопульная), соответственно при росте общей массы машины необходимо разрабатывать и внедрять на специальных транспорт-ных средствах такого класса силовые агрегаты, соответствующие таким требованиям или проводить мероприятия по усовершенствованию штатных двигателей в целях увеличения их мощностных показателей и улучшения экологических при сохранении экономических характеристик.

Данную модернизацию двигателя ГАЗ-5903 возможно и целесообразно осуществить путем внедрения системы топливоподачи аккумуляторного типа Common Rail. Системы топливоподачи Common Rail обладают поочередным выполнением процесса впрыска и нагнетания топлива, что позволяет обеспечивать некоторые преимущества. Во-первых, поочередное разделение процессов обеспечивает высокую точность дозирования цикловой подачи топлива для необходимых режимов работы двигателя. Во-вторых позволяет оптимально регулировать углы опережения впрыска в соответствии с нагрузкой, температурой и количеством оборотов двигателя.

В-третьих, сам впрыск топлива также производится последовательно. Форсунки за счет электронного управления значительно эффективнее регулируют процесс сгорания путем использования ступенчатого впрыскивания: предварительного, основного и окончательного. Так, предварительный впрыск, производимый на углах раннего опережения, существенно снижает шум; а окончательный впрыск, осуществляемый в конце сгорания топлива, позволяет значительно сократить дымность отработавших газов. Центром системы типа Common Rail является многоплунжерный насос звездообразной формы, который приводится в действие через механизм передач двигателя. Насос создает рабочее давление впрыскивания в пределах 1600 - 1800 бар.



Электронный блок управления подачей топлива и работой двигателя размещается в районе передней части блок-картера двигателя. Электронная система управления, применяемая в системе типа Common Rail, обеспечивает соблюдение норм по выбросам токсических веществ в отработавших газах, принятых для класса Euro - 4, также способствует уменьшению расхода топлива, улучшает характеристики двигателя во время прогрева, и в целом значительно повышает эксплуатационные характеристики ТССН.

Общий вид системы показан на рисунке 1.

Примерная техническая составляющая для усовершенствованного двигателя следующая: насос высокого давления; два топливных аккумулятора(рейлы) со встроенным датчиком давления и клапаном ограничения давления; электронный блок управления (с контуром охлаждения и сайлент-блоками); датчик частоты вращения коленчатого вала; датчик давления наддувочного воздуха с датчиком температуры; датчик температуры охлаждающей жидкости; датчик давления и температуры масла.

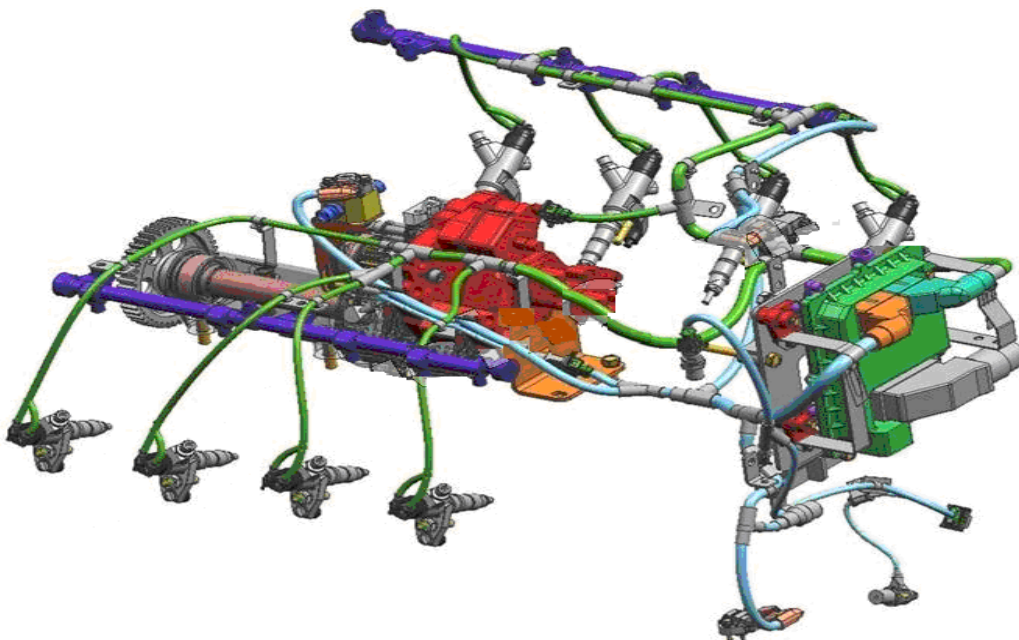


Рис. 1 - Вариант общего вида системы топливоподачи типа Common Rail усовершенствованной силовой установки ГАЗ-5903

Проведенные проверочный тепловой расчет и анализ параметров рабочего цикла усовершенствованного двигателя [2], расчет и анализ индикаторных и эффективных показателей, расчет и анализ внешней скоростной и нагрузочной характеристик, в частности, показывает повышение эффективной мощности на 17 процентов ( $N_{e \text{ расчетная}} = 224 \text{ кВт}$ ), максимального крутящего момента на 13 процентов, класс соответствия экологической безопасности до ЕВРО-4. Стоимость работ по усовершенствованию двигателя окупается в течении двух лет за счет увеличения межпериодных сроков технического обслуживания и, соответственно, уменьшения их количества, что подтверждает целесообразность проведения данных мероприятий, особенно в современных условиях.

#### Литература

1. Аккумуляторная система впрыскивания топлива Common Rail// Анализ технического уровня и тенденций развития двигателей внутреннего сгорания/ Под ред.Р.И.Давтянана. – М.: Информцентр НИИД, 2008. – Вып 25 – С.46-68.
2. Бронетранспортер БТР-80. Техническое описание. ГАЗ-5903-0000010 ТО. Изд. 3-е, 2010. – 377с.
3. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов./2-е изд. – М.: Легион-Автодата, 2005. – 344 с., ил.
4. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пособие для вузов./А. И. Колчин, В. П. Демидов – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.
5. Тер-Мкртчян Г.Г., Мазинг М.В. Особенности аккумуляторных топливных систем дизелей большой цилиндровой мощности// Двигательостроение. — 2014. — № 2. — С. 11–15

#### References

1. Battery fuel injection Common Rail // Analysis of the technical level and trends of the internal combustion engine / Under red.R.I.Davtanyana. - M.: Informtsent NIID, 2008. - Issue 25 - S.46-68.
2. The BTR-80. Technical description. GAS-TO 5903-0000010. Ed. 3rd, 2010. - 377s.
3. Sin LV, Ivashchenko NA, Markov VA Fuel injection equipment and control systems of diesel engines: Textbook for universities. / 2nd izd.- M.: Legion Avtodata, 2005. - 344 p., Ill.
4. Calculation of automobile and tractor engines: Proc. Manual for schools. / A. I. Kolchin, VP Demidov - 4th ed. Revised. and add. - M.: Higher. wk., 2008. - 496 p.
5. Ter-Mkrtychyan GG, Masing MV Features common rail diesel systems large cylinder capacity // engine. - 2014. - № 2. - S. 11-15

**Криворотова А.И.<sup>1</sup>, Усольцев О.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент, <sup>2</sup>Студент, Сибирский государственный технологический университет

#### **ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТОСТРУЖЕЧНЫХ КОМПОЗИТОВ**

#### **Аннотация**

*В статье рассмотрены свойства цементностружечных композитов в зависимости от способа экстрагирования древесного сырья и влияния вида и количества экстракта на свойства получаемых композитов.*

**Ключевые слова:** экстракция, цементностружечные композиты, прочность.

**Krivorotova A.I.<sup>1</sup> Usoltsev O.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>Student, Siberian State Technological University

#### **INFLUENCE EXTRACTIVES OF WOOD ON PROPERTIES CEMENTOSTRUZHECHNYE COMPOSITES**

The article deals with the properties of cementostruzhechnye composites, depending on the method of extraction of raw wood and the influence of the type and quantity of the extract on the properties of the obtained composites.

**Keywords:** extraction, cementostruzhechnye composites, mechanical durability

Общие закономерности процесса образования древесно-цементных композиционных материалов основаны на возникновении различного рода связей между частицами древесины и вяжущим. В таких материалах матрицей являются минеральные вяжущие, наполнителем – древесина в ее различных видах. Древесный наполнитель обладает уникальными свойствами, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на качественные показатели сформированного композиционного материала [1].

К отрицательным свойствам древесины в первую очередь следует отнести высокую химическую активность древесины, препятствующую процессам схватывания, твердения и структурообразования цементного камня. Наиболее активное воздействие на данные процессы оказывают различные водорастворимые простейшие сахара, в меньшей степени – крахмал, танины и смоля. Эти вещества принято называть цементными ядами.

В данных исследованиях была поставлена задача исследования влияния экстрактивных веществ, выделенных из древесины различными способами, на свойства готового композиционного материала.

Методика проведения исследований была принята следующая: навески смеси древесных частиц хвойных пород подвергались экстракции холодной, горячей водой и гексаном, высушивались до влажности 10 % и смешивались с раствором химических добавок и портландцементом. Образцы цементностружечных плит, изготавливались стандартным способом и испытывались. Компонентный состав для исключения его влияния на показатели материала на протяжении всей работы оставался постоянным. Изменение касались только количества экстрактов и типа обработки стружки.

На рис. 1 приведены результаты испытаний полученных образцов цементностружечных плит. Из представленных результатов видно, что наилучшие показатели физико-механических свойств получаются у цементностружечных плит, изготовленных из древесных частиц, после экстракции горячей водой. Наименьшей плотностью и прочностью обладают цементностружечные плиты, изготовленные из сырья проэкстрагированного органическим растворителем гексаном. Это объясняется тем, что при экстрагировании горячей и холодной водой из древесины вымываются крахмал, пектины, неорганические соли, красители, танины, которые в значительной степени препятствуют схватыванию и твердению цемента, тем самым, уменьшая его плотность и прочность. После экстракции гексаном из древесины вымываются смолистые вещества, жиры, смоляные и жирные кислоты, эфиры этих кислот, воски, которые в меньшей степени влияют на портландцемент. Таким образом, можно сделать вывод, что для обеспечения качественных показателей ЦСП, используемое сырье необходимо проваривать. Однако использовать горячую воду для нейтрализации «цементных ядов» в производстве не безопасно и экономически невыгодно. Обработка холодной водой дает практически те же результаты по физико-механическим характеристикам древесно-цементных плит, что и горячей водой, поэтому далее в работе приведены результаты исследований плит на основе древесного сырья, экстрагированного холодной водой.

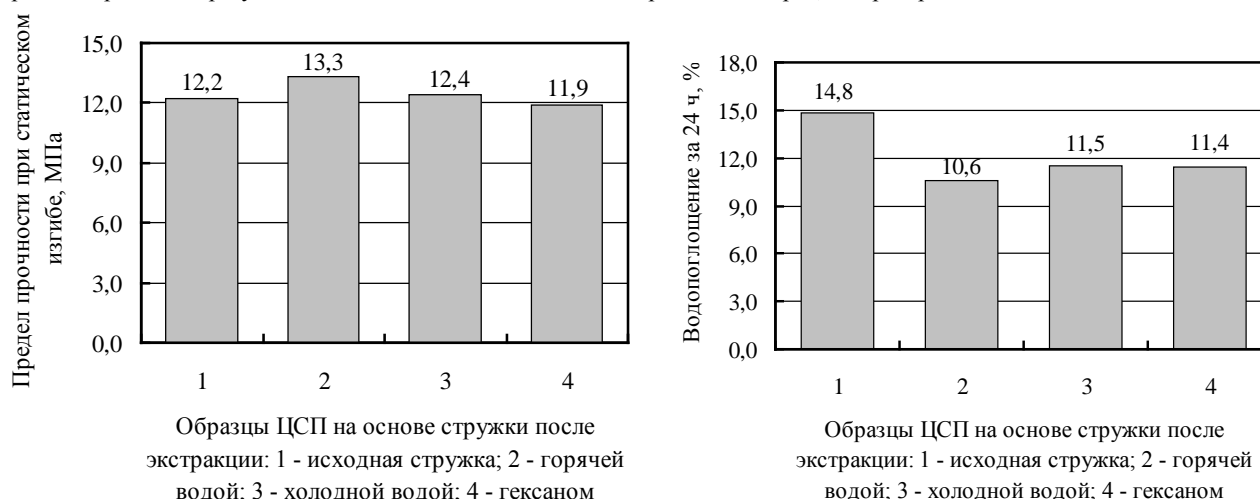


Рис. 1 - Прочность и водопоглощение цементностружечных плит в зависимости от вида обработки стружки

Дальнейшие исследования проводились в направлении изучения продолжительности схватывания древесно-цементной смеси и качественных показателей цементностружечной плиты в зависимости от количества экстрактивных веществ, добавляемых в исходный наполнитель, и в зависимости от продолжительности обработки наполнителя при экстрагировании.

На рис. 2 приведены зависимости прочности цементностружечных плит при статическом изгибе от количества экстрактивных веществ, введенных в древесно-цементную композицию. С увеличением количества экстрактивных веществ прочность при статическом изгибе уменьшается от 10,3 до 4,2 МПа. Введение 1 и 2 м.ч. экстрактивных веществ в древесно-цементную композицию хотя и приводит к снижению прочности ЦСП, однако оно соответствует предъявляемым стандартам к марке плиты ЦСП-2 (9,8 МПа и 11,1 МПа соответственно).

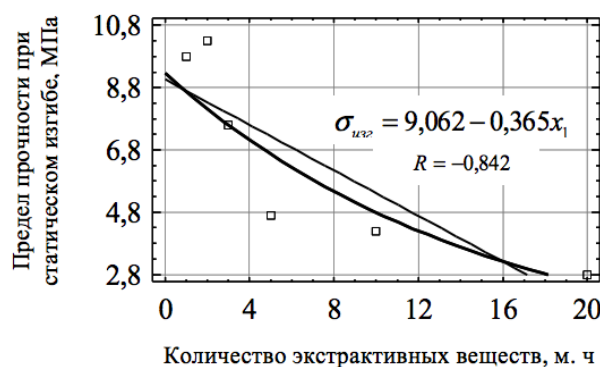


Рис. 2 - Зависимость прочности цементностружечных плит от количества экстрактивных веществ

В качестве вывода можно указать следующее: экстракция водой позволяет удалить из древесины наибольшее количество экстрактивных веществ, препятствующих структурообразованию цементностружечной плиты; увеличение содержания экстрактивных веществ в древесном сырье приводит к значительной потере прочности.

#### Литература

1. Хрулев В.М. Цементностружечные плиты в строительстве / В.М. Хрулев, М.Г. Мальцев, Р.Ш. Хасанов.- Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001.- 96 с.
2. Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научно-практическая конференция. Сборник статей студентов и молодых ученых. Том 2, Красноярск, 2009. 218 с.

#### References

1. Khrulev C. M. cementostruzhechnye boards in construction / C. M. Khrulev, M., Maltsev, R. W. Khasanov.- Ufa: Publishing Publishing house of UGNTU, 2001.- 96 C.
2. Young scientists in solving actual problems of science: all-Russian scientific-practical conference. Collection of articles of students and young scientists. Volume 2, Krasnoyarsk, 2009. 218 C.

**Крылов Э. Г.<sup>1</sup>, Сандова З. С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>Бакалавр, Ижевский государственный технический университет им. М.Т.Калашникова

### **КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

#### *Аннотация*

*В статье рассмотрены особенности внедрения теплонасосных систем автономного отопления в российских условиях, отмечены проблемы, возникающие при проектировании и устройстве вертикальных энергетических колодцев. На основании теплотехнического расчета предложена комбинированная система отопления на основе тепловых насосов для сельской школы в Удмуртской Республике.*

**Ключевые слова:** тепловой насос, энергетический колодец, рекуперация.

**Krylov E. G.<sup>1</sup>, Saidova Z. S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Candidate of Technical Sciences, <sup>2</sup>Bachelor student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

### **COMBINED HEATING SYSTEM WITH THE USE OF HEAT PUMPS FOR A BUILDING IN THE COUNTRYSIDE**

#### *Abstract*

*The article describes the features of the implementation of heat pump system for autonomous heating in Russia. Problems associated with designing and drilling vertical energy wells are discussed in the article. Based on the calculation of a heat demand it is suggested a combined heating system based on heat pumps, for a village school at located in the Udmurt Republic.*

**Keywords:** heat pump, energy well, recuperation.

Задача разработки и использования эффективных систем энергообеспечения является в настоящее время одной из ключевых для успешного развития экономики и реального сектора нашей страны. Об актуальности этой задачи свидетельствует принятие в 2009 году Президентской программы по энергосбережению, а также принятие Госдумой ФС РФ 11 ноября 2009 г. закона об энергосбережении. В этих документах государственным и муниципальным образованиям было предложено разработать мероприятия по ежегодному снижению потребления электрической и тепловой энергии. Отдельно отмечено, что необходимо увеличивать долю использования возобновляемых источников тепловой энергии.

Одним из наиболее эффективных способов энергосбережения за счет использования возобновляемой энергии является применение технологии теплового насоса. Эта технология позволяет извлекать тепло из грунта (использование солнечной энергии), глубинных слоев земли (использование геотермальной энергии), получать тепло за счет рекуперации. Одновременно применение теплового насоса (ТН) позволяет существенно – до 3-4 раз экономить потребление электроэнергии на отопление и производство горячей воды для бытовых нужд [1].

Парокомпрессионные тепловые насосы, то есть установки, преобразующие низкопотенциальное тепло внешнего природного или техногенного источника в тепло среднего потенциала с использованием компрессора, по вырабатываемой тепловой мощности можно разделить на несколько классов. К ТНУ средней и большой мощности относятся установки промышленного назначения с тепловой мощностью от 100 кВт до нескольких МВт. Они находят применение в местах, где имеется мощный источник низкопотенциального тепла, например, геотермальные воды на Камчатке, сбросные воды в системе очистных сооружений, а также морская или речная вода. Ко ТНУ малой мощности можно отнести тепловые насосы, вырабатывающие тепловую мощность до 100 кВт. Для их функционирования не требуется источник низкопотенциального тепла значительной мощности. Следовательно, тепловые насосы этого класса могут использоваться для автономного отопления практически повсеместно.

Важным является то, что тепловые насосы, как правило, нагревают теплоноситель в системе отопления до сравнительно невысоких температур: 50 - 60°C (за исключением промышленных тепловых насосов, использующих диоксид углерода). Транспортировка такого теплоносителя на значительное расстояние исключена. То есть, выработка тепла в этом случае должна быть максимально приближена к месту его потребления. Система отопления становится автономной. Эта особенность актуализирует необходимость разработки эффективных парокомпрессионных тепловых насосов сравнительно малой мощности, способных преобразовывать тепловую энергию на месте.

Критически важным вопросом для технологии геотермальных тепловых насосов является способ извлечения низкопотенциального тепла из окружающей среды. При использовании геотермальных зондов возникают четыре проблемы.

**1.Расчетная:** доступное тепло земных недр варьируется от региона к региону. Поэтому расчет глубины геотермального зонда должен проводиться на основании геофизических данных конкретного региона.

**2.Экономическая:** установка геотермальных зондов связана с большим объемом дорогостоящих земельных работ.

**3.Техническая:** при внедрении зондов в глубинные слои земли должно быть исключено загрязнение подземных вод поверхностными стоками и технологическими жидкостями, а также не должен быть нарушен подземный водный режим.

**4.Правовая:** вопрос о праве использования тепла недр до сих пор не решен в законодательстве. Существующее законодательство предусматривает отсутствие разрешений на бурение скважин глубиной до 30 м. На бурение более глубоких скважин требуется разрешение и проект. Энергетические колодцы, в которые закладываются геотермальные зонды, отличаются от обычных скважин под воду или нефтяных скважин тем, что после закладки зондов они заполняются бентонитовой глиной и представляют, по сути, конгломерат с окружающей породой. На глубинах до 30 метров геотермальные эффекты отсутствуют. А поскольку энергетические колодцы представляют собой стандартные сооружения, требовать дорогостоящий проект на каждый такой колодец представляется неразумным.

Проблема учета климатических условий при расчете параметров грунтовых теплообменников обостряется тем, что до 90% рынка тепловых насосов малой и средней мощности в РФ представлено импортной техникой (ЕС, США, Китай), оптимальные режимы которой настроены на геофизические и климатические условия регионов с более мягким, чем в нашей стране климатом. При формальном следовании рекомендациям производителей возможны две опасности. Во-первых, теплонаносная установка не получит низкопотенциальное тепло в необходимом объеме и не достигнет требуемой тепловой мощности. Во-вторых при многолетней эксплуатации неправильно рассчитанных грунтовых коллекторов возможно их захлаживание и выход из строя всей дорогостоящей установки. На сегодня отсутствуют нормативные документы, регламентирующие проектирование и установку грунтовых теплообменников для теплонаносных установок в РФ.

Известно, что наибольшая экономическая эффективность использования тепловых насосов достигается при возможности реверсирования: то есть зимой тепловой насос работает на отопление, а летом – на кондиционирование. Существуют такие тепловые насосы, для которых подобное реверсирование возможно и используется на практике. К ним относятся кондиционеры, работающие на выработку тепла и холода. Такие кондиционеры - воздушные тепловые насосы используют тепло воздуха вне здания. Возможность реверсирования является их преимуществом. Однако у них есть и ряд недостатков. К главным из них относится уменьшение коэффициента трансформации при понижении температуры наружного воздуха, которое может достигать 50 - 100% при переходе от плюсовых температур к температурам ниже минус 20 градусов.

В то же время использование рекуперации тепловой энергии вытяжной вентиляции позволило бы в зимний период увеличить коэффициент трансформации теплового насоса или уменьшить размеры геотермального зонда (или горизонтального коллектора). В летний период блок рекуперации мог бы обеспечить понижение температуры в здании без использования кондиционера, и одновременную передачу тепловой энергии во внешний коллектор. Таким образом, внешний коллектор в летний период получил бы подпитку тепловой энергией, которую он будет забирать зимой.

Перспективным является также работа теплового насоса совместно с солнечным коллектором, который также повышает коэффициент трансформации теплового насоса. Использование солнечных коллекторов в климатических условиях нашей страны требует исследования.

Сравнительные расчеты экономической эффективности индивидуального отопления зданий сравнительно небольших объемов показывают, что период окупаемости теплового насоса по сравнению с электрокотлом составляет 4 года, по сравнению с котлом на жидком топливе – 6 лет [2]. По истечении этого периода начинается существенная экономия денежных средств (около двух миллионов рублей за 15 лет по сравнению с электрокотлом). Таким образом, эта технология проигрывает только отоплению сетевым газом и углем. В регионах Российской Федерации имеется достаточно большое количество негазифицированных населенных пунктов, в которых функционируют общественные здания различного назначения, эксплуатация угольных котельных в которых нецелесообразна. Некоторые из них имеют большую тепловую нагрузку и при этом отапливаются электрокотлами. В условиях удорожания энергоносителей такой способ отопления следует признать крайне неэффективным, таким образом, задача определения оптимального состава энергосберегающего теплового пункта для зданий с большой тепловой нагрузкой становится актуальной.

Рассмотрим в качестве примера тепловую нагрузку муниципального образовательного учреждения "Средняя общеобразовательная школа на 132 учащихся с интернатом на 20 человек и детским садом на 20 мест в с. Кекоран Якшур-Бодьинского района Удмуртской Республики" и рассмотрим возможные варианты устройства теплового пункта для отопления здания школы.

Результаты расчета теплопотерь на отопление и вентиляцию, выполненные согласно методике определения количеств тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения МДС 41-4.2000. Объем здания по наружному обмеру составляет 19103 м<sup>3</sup>.

Расчётная часовая тепловая нагрузка отопления отдельного здания определялась по формуле:

$$Q_{o,p} = \alpha V q_o (t_e - t_{n,p,o}) (1 + K_{n,p}) 10^{-6},$$

где  $\alpha$  - поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчётной температуры наружного воздуха для проектирования отопления  $t_{n,p,o}$  в местности, где расположено рассматриваемое здание, от  $t_{n,p,o} = -30^{\circ}\text{C}$ , при которой определено соответствующее значение  $q_o$ , для г. Ижевска  $\alpha=0,95$ ;

$V$  - объём здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$q_o$  - удельная отопительная характеристика здания при  $t_{n,p} = -30^{\circ}\text{C}$ , ккал/м<sup>3</sup>\*час\*°C;

$K_{n,p}$  - расчётный коэффициент инфильтрации, обусловленной тепловым и ветровым напором.

С учетом этажности здания и климатических условий Удмуртской республики, расчётный коэффициент инфильтрации равен  $K_{n,p} = 0,0528$ .

Таким образом, расчётная часовая тепловая нагрузка отопления составляет  $Q_{o,p} = 0,3573$  Гкал/час.

С учетом тепловой мощности, затрачиваемой в системе вентиляции, расчётная тепловая мощность теплового пункта (котельной) должна составлять около 550 кВт. Эту мощность целесообразно разделить между тепловыми насосами (примерно 65% от общей мощности) и догревателем любого типа, например электрокотлом (остальные 35 %) [1]. При этом потребуются 7 тепловых насосов тепловой мощностью 50 кВт каждый. Как отмечалось выше, в климатических условиях средней полосы России, наиболее надежным является использование геотермального теплового насоса. Однако, с учетом стоимости согласований, бурения и монтажа, общая стоимость проекта может превышать стоимость самого теплового насоса в 3-4 раза.

Для оптимального решения задачи по определению состава теплового пункта следует учесть особенности проекта, например, наличие свободного места для укладки горизонтального коллектора, в частности, под стадионом. Теплосъем горизонтального коллектора ниже, чем для вертикального энергетического колодца (10 – 14 Вт/м вместо 40 – 50 Вт/м), это надо закладывать в расчеты длины горизонтального коллектора.

Еще одной особенностью здания является большой объем и наличие тепловыделяющих устройств (печи в столовой). Целесообразно использовать энтальпию воздуха, который покидает помещения через систему вентиляции для нагревания приточного воздуха в теплообменниках, запитываемых с помощью рекуперационного ТН воздух-вода.

Предлагаемый состав оборудования для обеспечения отопления и вентиляции здания школы приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав оборудования для отопления и вентиляции

Функция	Оборудование для отопления	Тепловая мощность, кВт	Устройство получения низкопотенциального тепла	Количество	Общая тепловая мощность, кВт
Отопление	Тепловой насос (вода-вода) с грунтовым коллектором	50	Длина грунтового коллектора для одного ТН: 6х400 м = 2400 м	5	250
	Электродкотел - догреватель	90	отсутствует	2	180
Вентиляция	Тепловой насос (воздух-вода) на вытяжном воздухе	9	Максимальный объем вытяжного воздуха, прогоняемого через ТН: 500 м <sup>3</sup>	5	45
	Тепловой насос (воздух-вода), использующий наружный воздух	36		2	72

На рисунке 1 показана принципиальная схема рекуперационной теплонасосной установки, работающей на отработанном воздухе. В состав установки входит накопительный водонагреватель, что делает возможным использовать ее не только для нужд вентиляции, но также для производства горячей воды для бытовых нужд. Поэтому часть теплонасосных установок такого типа целесообразно установить в столовой и других помещениях, в которых есть потребность в бытовой горячей воде.

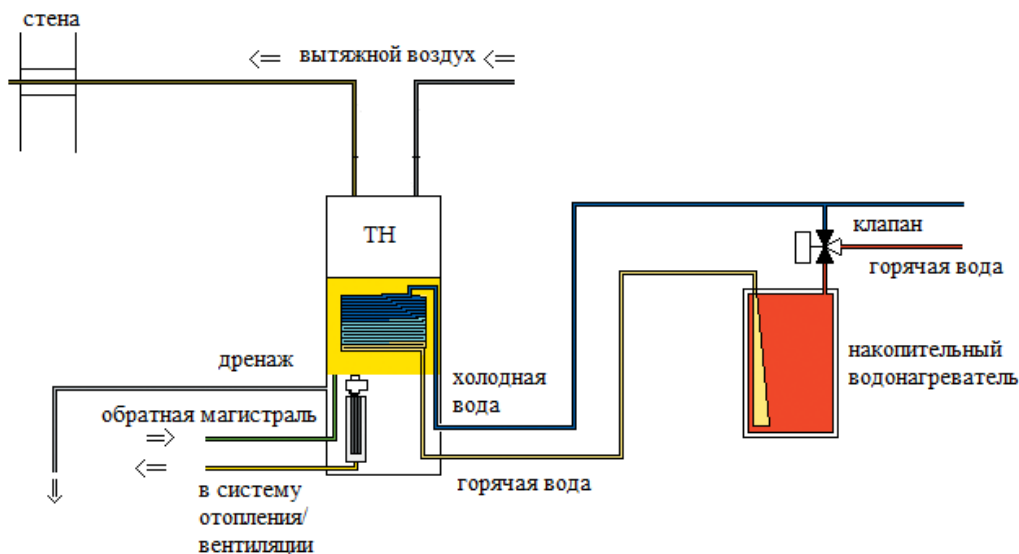


Рис. 1 - Принципиальная схема рекуперационной теплонасосной установки, работающей на отработанном воздухе

Произведенные расчеты потребляемой электрической мощности показывают, что максимальная экономия электрической мощности предлагаемого теплового пункта составляют 245 кВт, что не только позволит получить значительную экономию, но и снизит нагрузку на электрические сети.

В заключение следует отметить, что экономически оправданными альтернативами тепловых насосов для отопления и вентиляции рассматриваемого здания являются газовая и угольная котельные.

#### Литература

1. Крылов, Э. Г. Парокомпрессионные тепловые насосы // Интеллектуальные системы в производстве. Научно-практический журнал. 2006, № 1(7) – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. – С. 173 – 180.
2. Крылов, Э. Г. Об экономической эффективности использования теплового насоса для автономного отопления // Вестник ИжГТУ. Вып. 3(39) – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2008. – С. 22-25.

#### References

1. Krylov, E. G. Parokompressionnye teplovye nasosy // Intellektual'nye sistemy v proizvodstve. Nauchno-prakticheskij zhurnal. 2006, № 1(7) – Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2006. – S. 173 – 180.
2. Krylov, Je. G. Ob jekonomicheskoi jeffektivnosti ispol'zovanija teplovogo nasosa dlja avtonomnogo otoplenija // Vestnik IzhGTU. Vyp. 3(39) – Izhevsk: Izd-vo IzhGTU, 2008. – S. 22-25.

Середкина О.Р.<sup>1</sup>, Куликов М.А.<sup>2</sup>, Козлов С.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ассистент, <sup>2</sup> кандидат химических наук, <sup>3</sup> кандидат технических наук Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета

#### РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ВОДЫ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация

Приводятся результаты опытно-промышленных испытаний реагента «ОПТИОН-313» для обработки теплофикационной воды в условиях предприятия по производству азотных удобрений.

**Ключевые слова:** солеотложение и накипеобразование, реагентная обработка воды, Zn-ОЭДФ.

Seredkina O.R.<sup>1</sup>, Kulikov M.A.<sup>2</sup>, Kozlov S.G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant, <sup>2</sup> Candidate of Chemical Science, <sup>3</sup> Candidate of Technical Science State National Research Politechnical University of Perm, Berezniki branch

#### REAGENT TREATMENT OF HEATING WATER AT A CHEMICAL PLANT

The results of pilot testing reagent «OPTION-313» for the treatment of heating water in an enterprise for the production of nitrogen fertilizers have been presented.

**Keywords:** scaling and scale formation, reagent treatment of water, Zn-OEDF

Металлическая поверхность, находящаяся в контакте с горячей водой, через некоторое время покрывается слоем накипи, представляющей собой сложную смесь нерастворимых в воде солей. Причиной данного процесса являются растворённые соли кальция и магния, содержащиеся в значительных количествах в воде. Для промышленных теплотехнических систем защита от накипеобразования – одна из главных задач увеличения срока службы трубопроводов и повышения энергетической эффективности теплообменников. Кроме этого, при отложениях накипи сокращается внутреннее сечение трубчатых элементов, что приводит к увеличению общего гидравлического сопротивления системы. За счёт различия в значениях коэффициентов теплопроводности металла и образующихся отложений увеличение толщины их слоя приводит к снижению коэффициента теплопередачи. Поддержание заданного температурного режима достигается путём увеличения расхода теплоносителя, что вызывает перерасход тепла и электроэнергии. Загрязнение теплообменного оборудования солеотложениями не только снижает эффективность его работы и требует периодической остановки для проведения очистки, но и, что самое важное, приводит к экономическим потерям при производстве, транспортировке и потреблении тепла.

В настоящее время известны разнообразные способы снижения скорости нежелательных инкрустационных процессов.

Обработка воды магнитным способом заключается в воздействии магнитных полей на поток воды [1]. Источниками магнитного поля в аппаратах магнитной обработки воды могут быть постоянные магниты и электромагниты. Данный метод предотвращает образование накипи посредством формирования из накипеобразующих солей шлама, удаляемого при продувках и межсезонных чистках. Противонакипный эффект в этом случае определяется как параметрами работы самого аппарата, так и качественными показателями обрабатываемой воды.

Для снижения солеотложений используется ультразвуковая обработка воды [2]. Наведение на поток воды слабых ультразвуковых колебаний приводит к образованию множества постоянно движущихся центров кристаллизации. Это затрудняет образование твёрдой фазы на поверхностях теплообмена. Кроме этого, ультразвук приводит к интенсивному образованию центров кристаллизации в объёме воды. При воздействии ультразвука происходит разрушение образующихся в воде кристаллов солей, что не позволяет им достичь размеров, необходимых для образования осадка.

Наибольшее распространение получили реагентные способы снижения солеотложений и накипеобразования [3 – 7]. В теплоэнергетике чаще других используются фосфоновые соединения – «фосфонаты». К таким соединениям относится 1-гидрокситилидендифосфоновая кислота (ОЭДФ) и её комплексы с металлами (комплексонаты). Из производных ОЭДФ большое внимание уделяется комплексу с цинком Zn-ОЭДФ – реагент «ОПТИОН-313» [8]. Он используется в качестве антинакипина и ингибитора коррозии в теплотехнических системах, в качестве ингибитора солеотложений в установках обратного осмоса. Сравнительные испытания показали, что данный реагент по своим характеристикам не уступает импортным аналогам [9].

Принцип действия комплексонатов заключается в образовании устойчивых водорастворимых хелатов с ионами кальция и магния. Также комплексонаты способны сорбироваться в процессе зародышеобразования солей жёсткости, вызывая их шламовую кристаллизацию. Малые концентрации комплексонатов и комплексонатов в воде способствуют и разрушению уже образовавшихся отложений, обеспечивая высокую степень очистки теплообменных поверхностей.

Объём воды в системе теплоснабжения химического предприятия по производству азотных удобрений составляет около 3000 м<sup>3</sup>, подпитка системы осуществляется осветлённой водой в количестве ~ 25 м<sup>3</sup>/ч.

Ввод в теплофикационную воду реагента ОПТИОН-313 проходил в два этапа. На первом этапе в деаэратор был загружен 1 м<sup>3</sup> раствора ингибитора с массовой долей основного вещества 15 % с последующим включением циркуляции воды.

Для контроля концентрации реагента в системе и ряда показателей качества воды был проведён отбор проб в нескольких точках через 3, 23, 51 час после начала циркуляции (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты анализа проб на первом этапе обработки

Наименование показателей	Время отбора пробы	Номер точки отбора					
		1	2	3	4	5	7
Р <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	через 3 часа	12,3	17,9	8,1	20,3	-	-
	через 23 часа	-	-	-	-	4,3	4,2
	через 51 час	1,2	1,2	1,1	1,2	-	-
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	через 3 часа	1,4	1,7	1,1	2,3	-	-
	через 23 часа	-	-	-	-	1,8	3,1
	через 51 час	0,9	1,0	1,0	1,1	-	-
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	через 3 часа	9,2	9,8	12,8	14,9	-	-
	через 23 часа	-	-	-	-	11,9	20,7
	через 51 час	4,7	4,8	4,4	5,5	-	-
Жёсткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	через 3 часа	1,6	1,8	1,8	1,8	-	-
	через 23 часа	-	-	-	-	2,2	2,0
	через 51 час	1,9	1,8	1,8	1,9	-	-



Солесодержа-ние, мг/дм <sup>3</sup>	через 3 часа	141	148	132	143	-	-
	через 23 часа	-	-	-	-	149	156
	через 51 час	171	165	170	173	-	-

Анализ проб показал, что концентрация ингибитора в пересчете на  $P_2O_5$  в пробах теплофикационной воды, отобранных через 3 часа, составила от 8 до 20 мг/дм<sup>3</sup>. Разброс значений объясняется неравномерностью перемешивания воды в системе. В пробах, отобранных на следующий день в наиболее удалённых от места ввода точках системы, концентрация ингибитора была уже практически одинаковой и составила около 4 мг/дм<sup>3</sup>  $P_2O_5$ .

В пробах, отобранных через двое суток, концентрация реагента уменьшилась до значений 1,1-1,2 мг/дм<sup>3</sup>  $P_2O_5$ . Сопоставимые значения концентрации фосфатов свидетельствует о равномерном распределении ингибитора во всей системе. Причиной же снижения концентрации фосфатов является разрушение отложений с образованием комплексов в виде шлама, который периодически выводится из системы.

Повторная обработка теплофикационной воды ингибитором коррозии и накипеобразования проведена через месяц после первой, осуществлен слив 1 м<sup>3</sup> раствора реагента такой же концентрации в деаэрактор.

Отбор проб теплофикационной воды проведён в тех же точках через 2, 26, 47 часов после окончания слива реагента (таблица 2).

Анализ проб показал, что значения концентрации  $P_2O_5$  в трёх пробах воды, отобранных через 2 часа после слива реагента, различались между собой и составили 9,6-12,1 мг/дм<sup>3</sup>, через 26 и 47 часов концентрации были практически одинаковыми – 4,1-4,2 и 2,8-2,9 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что повторная обработка системы раствором реагента привела к изменению показателей качества теплофикационной воды. Концентрация общего железа снизилась с 1,1-3,3 мг/дм<sup>3</sup> до 0,2-0,4 мг/дм<sup>3</sup>, мутность уменьшилась с 9,2-20,7 мг/дм<sup>3</sup> до 0-0,4 мг/дм<sup>3</sup>, увеличилось содержание солей с 132-156 мг/дм<sup>3</sup> до 257-266 мг/дм<sup>3</sup>, возросла жёсткость до значений 2,3-2,6 ммоль/дм<sup>3</sup>. Несмотря на увеличение жёсткости воды, толщина солевого слоя на внутренней поверхности трубопроводов и оборудования сократилась. Периодическая дозировка реагента в систему на протяжении шести месяцев позволила практически полностью удалить накипь и снизить скорость инкрустационных процессов.

Таблица 2 – Результаты анализа проб на втором этапе обработки

Наименование показателей	Время отбора пробы	Номер точки отбора			
		1	2	3	4
$P_2O_5$ , мг/дм <sup>3</sup>	через 2 часа	9,6	10,7	12,1	0,2
	через 26 часов	4,2	4,1	4,1	0,5
	через 47 часов	2,8	2,8	2,8	2,8
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	через 2 часа	0,5	0,4	0,5	0,4
	через 26 часов	0,5	0,3	0,3	0,3
	через 47 часов	0,4	0,3	0,3	0,2
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	через 2 часа	1,4	2,5	2,6	3,0
	через 26 часов	1,2	0,8	0,7	1,7
	через 47 часов	0,4	0	0	0
Жёсткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	через 2 часа	2,6	2,3	2,3	2,4
	через 26 часов	2,4	2,3	2,3	2,4
	через 47 часов	2,3	2,3	2,3	2,4
Солесодержа-ние, мг/дм <sup>3</sup>	через 2 часа	266	267	265	266
	через 26 часов	263	265	262	263
	через 47 часов	257	261	260	261
рН, ед. рН	через 2 часа	7,8	7,9	8,0	8,0
	через 26 часов	8,0	8,1	7,9	8,0
	через 47 часов	8,1	8,1	8,1	8,1

На основании полученных результатов сделан вывод об эффективности обработки теплофикационной воды ингибитором накипеобразования и коррозии «ОПТИОН-313».

#### Литература

1. Федоров С. А. Магнитные и электронные ингибиторы накипи // Водочистка. – 2009. – № 8. – С. 44 – 47.
2. Николаевский Н.Н. Ультразвуковой метод предотвращения накипе-образования // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 10 (26). – С. 44 – 45.
3. Потапов С.А. Комплексный водно-химический режим систем теплоснабжения. Проблемы и решения // Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования: Сборник материалов конференции (доклады, тезисы). – Москва, 2003. – С.20.
4. Куликов М.А., Козлов С.Г., Середкина О.Р. Отложение нерастворимых солей на технологическом оборудовании производства хлорида калия // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 100 – 103.
5. Нисина О.Е., Козлов С.Г., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К. Исследование процесса отложения солей на технологическом оборудовании // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 4. – С. 164-168.
6. Шеина А.И., Середкина О.Р., Куликов М.А. Реагентная обработка воды водооборотного цикла производства синтетического аммиака // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2015. – Т.1 – С. 96.
7. Куликов М.А., Козлов С.Г., Булатов М.А., Зюков Е.А. Предотвращение образования солей в водооборотных циклах // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 4 (22). – Т. 3. – С. 50 – 62.
8. ТУ-2439-005-24210860-2007. Комплексолят ОПТИОН-313 (ОПТИОН-313). Технические условия. – Введ. 29.06.2007. – Ростов-на-Дону: ООО «Экоэнерго», 2007. – 15 с.
9. Чаусов Ф.Ф. Сравнение эффективности ингибиторов солеотложения «ОПТИОН-313» и «ГИЛУФЕР-422» // Экология и промышленность России. – 2009. – № 4. – С.16 – 18.



## References

1. Fedorov S. A. Magnitnye i jelektronnye inhibitory nakipi // Vodoochistka. – 2009. – № 8. – S. 44 – 47.
2. Nikolaevskij N.N. Ul'trazvukovoj metod predotvrashhenija nakipe-obrazovanija // Novosti teplosnabzhenija. – 2002. – № 10 (26). – S. 44 – 45.
3. Potapov S.A. Kompleksonnyj vodno-himicheskij rezhim sistem teplosnabzhenija. Problemy i reshenija // Sovremennye tehnologii vodopodgotovki i zashhity oborudovanija ot korrozii i nakipeobrazovanija: Sbornik materialov konferencii (doklady, tezis). – Moskva, 2003. – S.20.
4. Kulikov M.A., Kozlov S.G., Seredkina O.R. Otlozhenie nerastvorimyh solej na tehnologicheskom oborudovanii proizvodstva hlorida kalija // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2014. – № 1. – S. 100 – 103.
5. Nisina O.E., Kozlov S.G., Lanovetskij S.V., Kosvintsev O.K. Issledovanie protsessa otlozhenija solej na tehnologicheskom oborudovanii // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2012. – № 4. – S. 164-168.
6. Sheina A.I., Seredkina O.R., Kulikov M.A. Reagentnaja obrabotka vody vodooborotnogo cikla proizvodstva sinteticheskogo ammiaka // Fundamental'nye i prikladnye issledovanija v sovremennom mire: Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Sankt-Peterburg, 2015. – T1. – S. 96.
7. Kulikov M.A., Kozlov S.G., Bulatov M.A., Zjukov E.A. Predotvrashhenie obrazovanija soleotlozhenija v vodooborotnyh ciklah // Izvestija MGTU «MAMI». – 2014. – № 4 (22). – T. 3. – S. 50 – 62.
8. TU-2439-005-24210860-2007. Kompleksonat OPTION-313 (OPTION-313). Tehnicheskie uslovija. – Vved. 29.06.2007. – Rostov-na-Donu: OOO «Jekojenergo», 2007. – 15 s.
9. Chausov F.F. Sravnenie jeffektivnosti inhibitorov soleotlozhenija «OPTION-313» i «GILUFER-422» // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2009. – № 4. – S.16 – 18.

**Середкина О.Р.<sup>1</sup>, Тихонов В.А.<sup>2</sup>, Куликов М.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ассистент, <sup>2</sup>старший преподаватель, <sup>3</sup>кандидат химических наук, Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета

### **РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ВОДООБОРОТНОГО ЦИКЛА НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Аннотация*

*Приводятся результаты реагентной обработки воды водооборотного цикла гипохлоритом натрия и антيناкипинном Zn-ОЭДФ. Показана положительная роль реагентной обработки на эффективность водооборотного цикла.*

**Ключевые слова:** накипеобразование, реагентная обработка воды, Zn-ОЭДФ.

**Seredkina O.R.<sup>1</sup>, Tikhonov V.A.<sup>2</sup>, Kulikov M.A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant, <sup>2</sup>Senior Lecturer, <sup>3</sup>Candidate of Chemical Science, State National Research Politechnical University of Perm, Berezniki branch

### **REAGENT WATER TREATMENT WATER ROTATION CYCLE AT A CHEMICAL PLANT**

*Abstract*

*The results of chemical treatment of water with sodium hypochlorite water cycle and descaler Zn-OEDF have been presented. The positive role of chemical treatment on the efficiency of water cycle was shown.*

**Keywords:** scale formation, reagent treatment of water, Zn-OEDF

Водооборотные циклы (ВОЦ) предназначены для снабжения цехов химического предприятия охлажденной оборотной водой, которая используется для утилизации низкопотенциального тепла технологических потоков. Также оборотная вода применяется в качестве хладагента для охлаждения технологического оборудования, для конденсации и охлаждения газообразных и жидких продуктов в теплообменных аппаратах. Охлаждение оборотной воды происходит в градирнях вентиляторного типа с плёночным орошением. Вода, стекая в виде тонкой плёнки, охлаждается путём отдачи тепла воздуху, проходящему через оросители снизу вверх, и за счёт испарения части воды. Охлаждённая вода собирается в резервуарах градирен и по самотечным водоводам поступает на всас насосов.

Солеотложения, коррозия и биопоражения являются основными проблемами, которые возникают в работе водооборотных циклов химических предприятий [1]. Это приводит к частому выходу из строя теплотехнического оборудования, выпуску некачественной продукции, повышенному потреблению энергии. Проблемы, возникающие в процессе эксплуатации водооборотных циклов взаимосвязаны между собой.

Для улучшения качества оборотной воды и повышения эффективности ВОЦ предложено множество способов, которые можно сгруппировать в две большие группы – химические и нехимические.

Нехимические способы водообработки заключаются в физических воздействиях, чаще всего это магнитная и ультразвуковая обработка [2,3]. Их использование ограничивается многими факторами и оправдано, когда применение химических реагентов не приводит к желаемому эффекту.

Химическая или реагентная обработка [4-8] имеет сравнительно невысокую стоимость, позволяет уменьшить затраты на эксплуатацию ВОЦ, в том числе сократить энергопотребление. Снижаются расходы на обслуживание и ремонт оборудования, снижается потребление свежей воды и увеличивается надёжность и срок эксплуатации теплотехнических агрегатов, а также сокращается сброс загрязнённых вод в природные водоёмы и очистные сооружения. Это оказывает положительное влияние на экологическую обстановку, как в районе промышленной площадки, так и региона в целом.

Данная статья продолжает серию работ, касающихся обработки воды ВОЦ предприятия по производству синтетического аммиака, азотной кислоты и азотных удобрений [9,10].

Оборотная вода рассматриваемого ВОЦ используется в работе воздухоохладителей и маслохолодильников в производстве неконцентрированной азотной кислоты, а также теплообменников в отделении аргона цеха переработки газов. Общая производительность ВОЦ составляет 345 м<sup>3</sup>/час, подпитка цикла осуществляется промышленной водой в количестве 240 м<sup>3</sup>/час, то есть большая часть воды сбрасывается при продувках. Однако, не смотря на высокие объёмы подпитки, ВОЦ не обеспечивает необходимый уровень охлаждения воздуха и масла. И основной причиной этого, по нашему мнению, являются отложения солей жёсткости, снижающие теплопроводность материала оборудования.

Для повышения эффективности работы ВОЦ принято решение о проведении обработки оборотной воды ВОЦ реагентами: гипохлоритом натрия и ингибитором накипеобразования и коррозии – цинковым комплексом 1-гидроксиэтилендифосфоновой кислоты (Zn-ОЭДФ).

Гипохлорит натрия является эффективным реагентом для борьбы с биологическими обрастаниями, а введение в систему охлаждения раствора Zn-ОЭДФ позволяет стабилизировать воду, то есть предотвратить процессы коррозии и накипеобразования.

На первом этапе обработки оборотной воды в чашу градирни ВОЦ был загружен раствор гипохлорита натрия в количестве 1 тонны из расчёта содержания активного хлора 85 мг/дм<sup>3</sup>. Через 30 минут фактическая концентрация активного хлора в воде составила 81,9 мг/дм<sup>3</sup>. Для контроля содержания остаточного активного хлора в воде и эффективности обработки отобраны пробы

оборотной воды через 1,7 часа и через 16 часов после подачи раствора гипохлорита натрия. Результаты испытаний отобранных проб представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Аналитические показатели воды в процессе обработки

Наименование показателя	До обработки	После обработки гипохлоритом натрия		После обработки Zn-ОЭДФ		
		через 1,7 часа	через 16 часов	через 15 часов после I обработки	через 21 час после II обработки	через 21 час после III обработки
Жёсткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	2,7	3,1	3,1	3,2	3,6	3,1
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	82,2	232,3	123,3	114,4	154,6	118,0
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	3,9	46,7	19,6	10,3	11,6	5,2
Солесодержание, мг/дм <sup>3</sup>	210	586	375	368	425	360
pH	8,1	7,9	8,4	8,6	8,2	8,3
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,9	-	-	1,7	2,3	1,4
Окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	7,2	15,4	13,4	8,6	8,8	8,8
Активный хлор, мг/дм <sup>3</sup>	-	11,4	0,4	-	-	-

Как следует из данных таблицы 1, концентрация остаточного активного хлора составила 11,40 и 0,36 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Быстрое снижение концентрации активного хлора с 81,9 до 11,4 мг/дм<sup>3</sup> в течение часа связано, как с биоцидным действием препарата, так и с потерями оборотной воды в результате продувок. После добавления гипохлорита натрия возросли такие показатели оборотной воды, как мутность (с 3,9 до 46,7 мг/дм<sup>3</sup>), солесодержание (с 210 до 586 мг/дм<sup>3</sup>), окисляемость (с 7,2 до 15,4 мгО/дм<sup>3</sup>). Рост значений данных показателей свидетельствует, на наш взгляд, об отмывке оборудования. На следующий день после загрузки гипохлорита натрия температура воздуха после воздухоохладителей понизилась в среднем на 6°С. При этом, введение значительных количеств гипохлорита натрия в оборотную воду нецелесообразно, поскольку может привести к увеличению скорости коррозионных процессов.

После обработки воды гипохлоритом натрия принято решение о дозировании в ВОЦ раствора Zn-ОЭДФ. В течение трёх дней необходимо было загрузить в оборотную воду такое количество ингибитора, чтобы его концентрация составила 30-35 мг/дм<sup>3</sup> в пересчёте на Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>. Раствор ингибитора готовили из порошкообразного продукта растворением его в воде в баках вместимостью 1 м<sup>3</sup>, затем раствор из емкостей перекачивали насосом в чашу градирни.

В первый день в чашу закачали 0,5 м<sup>3</sup> раствора, что соответствует 50 кг Zn-ОЭДФ. Через 15 часов после загрузки концентрация ингибитора в оборотной воде составила 1 мг/дм<sup>3</sup>.

Во второй день было закачено 0,5 м<sup>3</sup> раствора, оставшегося в первой ёмкости, и 1 м<sup>3</sup> раствора, приготовленного из 75 кг Zn-ОЭДФ, суммарно 125 кг Zn-ОЭДФ. Отбор проб воды проведен через 30 минут, через 2 часа и через 21 час после загрузки. Концентрация Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в отобранных пробах составила 31,6, 21,5 и 3,1 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

В третий день в чашу закачали 1 м<sup>3</sup> раствора, приготовленного растворением 75 кг Zn-ОЭДФ. По времени пробы воды отобраны с таким же интервалом, как и после предыдущей загрузки. Концентрация Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в отобранных пробах составила 31,5, 23,4 и 3,1 мг/дм<sup>3</sup>, то есть изменение концентрации имеет ту же динамику.

Таким образом, в течение трёх дней в оборотную воду ВОЦ было загружено 200 кг ингибитора в расчёте на 100 % продукт. Уменьшение концентрации Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> с 31,6 мг/дм<sup>3</sup> до 3,1 мг/дм<sup>3</sup> в течение 21 часа свидетельствует о том, что водооборотный цикл не является замкнутым, идёт постоянный сброс оборотной воды, и подпитка цикла свежей водой. Сброс воды снижает эффективность обработки и приводит к перерасходу реагентов. Однако, ввиду предстоящего остановочного ремонта принято решение о приостановке дальнейшей обработки воды реагентами и оставить сброс оборотной воды на прежнем уровне. Вместе с тем, даже в этих условиях происходит разрушение и отмывка накипных отложений, о чём свидетельствуют данные таблицы 1.

Таким образом, результаты опытно-промышленных испытаний показали, что после обработки оборотной воды гипохлоритом натрия температура охлаждаемого воздуха понизилась, а дозировка раствора Zn-ОЭДФ способствовала стабилизации температурного режима.

### Литература

1. Булатов М.А. Комплексная переработка многокомпонентных жидких систем. Теория и техника управления образованием осадков – М.: Мир, 2009. – 304 с.
2. Федоров С. А. Магнитные и электронные ингибиторы накипи // Главный энергетик. – 2008. – № 4. – С. 59 – 62.
3. Ультразвуковые установки для борьбы с отложениями накипи // Ультразвуковая техника – ИНЛАБ – URL <http://utinlab.ru/articles/ultrazvukovoe-oborudovanie-dlya-borby-s-nakipyu-antinakipnye-ustanovki> (дата обращения 18.03.2015).
4. Потапов С.А., Дрикер Б.Н., Цирульникова Н.В. О применении цинкового комплекса ОЭДФ в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – № 3 (30). – С. 57 – 60.
5. Павлухина Л.Д., Ракчеева Л.В., Джурина О.М. Вопросы реагентной обработки воды в системах водооборотных циклов предприятий по производству минеральных удобрений // Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования: Сборник докладов IV конференции. – Москва, 2011. – С. 71.
6. Куликов М.А., Козлов С.Г., Середкина О.Р. Отложение нерастворимых солей на технологическом оборудовании производства хлорида калия // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 100 – 103.
7. Нисина О.Е., Козлов С.Г., Лановецкий С.В., Косвинцев О.К. Исследование процесса отложения солей на технологическом оборудовании // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 4. – С. 164-168.
8. Ковалева Н.Е., Рудакова Г.Я. Теория и практика применения комплексонов для обработки воды // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 8 (24). – С. 43 – 45.
9. Шеина А.И., Середкина О.Р., Куликов М.А. Реагентная обработка воды водооборотного цикла производства синтетического аммиака // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире: Материалы IX Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2015. – Т1. – С. 96.
10. Куликов М.А., Козлов С.Г., Булатов М.А., Зюков Е.А. Предотвращение образования солей в водооборотных циклах // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 4 (22). – Т. 3. – С. 50 – 62.

### Reference

1. Bulatov M.A. Kompleksnaja pererabotka mnogokomponentnyh zhidkih sistem. Teorija i tehnika upravlenija obrazovaniem osadkov – M.: Mir, 2009. – 304 s.
2. Fedorov S. A. Magnitnye i jelektronnye ingibitory nakipi // Glavnyj energetik. – 2008. – № 4. – S. 59 – 62.

3. Ul'trazvukovye ustanovki dlja bor'by s otlozhenijami nakipi // Ul'trazvukovaja tehnika – INLAB – URL <http://utinlab.ru/articles/ultrazvukovoe-oborudovanie-dlja-borby-s-nakipyu-antinakipnye-ustanovki> (data obrashhenija 18.03.2015).
4. Potapov S.A., Driker B.N., Cirul'nikova N.V. O primenenii cinkovogo kompleksa OEDF v sistemah teplosnabzhenija i gorjachego vodosnabzhenija // Jenergosberezhenie i vodoropodgotovka. – 2004. – № 3 (30). – S. 57 – 60.
5. Pavluhina L.D., Rakcheeva L.V., Dzhurinskaja O.M. Voprosy reagentnoj obrabotki vody v sistemah vodooborotnyh ciklov predpriyatij po proizvodstvu mineral'nyh udobrenij // Sovremennye metody vodoropodgotovki i zashhity oborudovanija ot korrozii i nakipeobrazovanija: Sbornik dokladov IV konferencii. – Moskva, 2011. – S. 71.
6. Kulikov M.A., Kozlov S.G., Seredkina O.R. Otlozhenie nerastvorimyh solej na tehnologicheskom oborudovanii proizvodstva hloriga kalija // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2014. – № 1. – S. 100 – 103.
7. Nisina O.E., Kozlov S.G., Lanoveckij S.V., Kosvincev O.K. Issledovanie processa otlozhenija solej na tehnologicheskom oborudovanii // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. – 2012. – № 4. – S. 164-168.
8. Kovaleva N.E., Rudakova G.Ja. Teorija i praktika primenenija kompleksonov dlja obrabotki vody // Novosti teplosnabzhenija. – 2002. – № 8 (24). – S. 43 – 45.
9. Sheina A.I., Seredkina O.R., Kulikov M.A. Reagentnaja obrabotka vody vodooborotnogo cikla proizvodstva sinteticheskogo ammiaka // Fundamental'nye i prikladnye issledovanija v sovremennom mire: Materialy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Sankt-Peterburg, 2015. – T.1. – S. 96.
10. Kulikov M.A., Kozlov S.G., Bulatov M.A., Zjukov E.A. Predotvrashhenie obrazovanija soleotlozhenija v vodooborotnyh ciklah // Izvestija MGTU «MAMI». – 2014. – № 4 (22). – T. 3. – S. 50 – 62.

**Комарова Т.Ю.<sup>1</sup>, Кульчицкий А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Магистр; <sup>2</sup>Кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

# **О ПРИМЕНЕНИИ ТРЕХЗЕРКАЛЬНЫХ СИСТЕМ С КОПЛАНАРНЫМИ НОРМАЛЯМИ В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ**

*Аннотация*

*В статье посвящена решению метрологических проблем аттестации металлорежущих станков. Содержит теоретическое исследование схем систем контроля прямолинейности направляющих станков на базе зеркальных трехзеркального измерительного преобразователя с целью повышения чувствительности по отношению к смещению в плоскости перпендикулярной лучу и уменьшения влияния расстояния до преобразователя по направлению движения и его угловых отклонений.*

**Ключевые слова:** зеркальные преобразователи, оптические средства измерений, контроль геометрических параметров.

**Komarova T.Ju.<sup>1</sup>, Kul'chickij A.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Postgraduate; <sup>2</sup>Candidate of Technical Sciences, associate professor, National Mineral Resources University (University of Mines)

# **ON THE APPLICATION OF THREE-MIRROR SYSTEMS WITH COPLANAR NORMALS AS TRANSMITTERS CONTROLLING THE STRAIGHTNESS OF THE GUIDEWAYS OF MACHINE TOOLS**

*Abstract*

*The article is devoted to solving the problems of metrological certification of machine-tool. Contains theoretical research schemes monitoring system machine slideway, based on a triple-mirror measuring converters with the purpose of increasing sensitivity with respect to the displacement in the plane perpendicular to the beam and reduce the influence of the distance to the transducer in the direction of movement and angular deviations.*

**Keywords:** mirror converters, optical measuring instruments, control of geometrical parameters.

Контроль прямолинейности направляющих станка в случае их недоступности производится путем измерения прямолинейности перемещения по ним элемента станка.

От прямолинейности перемещения перемещаемых элементов станка зависит не только способность станка производить прямые или плоские поверхности на обрабатываемых изделиях, но и точность позиционирования точек обрабатываемого изделия. Движение по прямой линии перемещаемого элемента [1] в общем случае характеризуется отклонениями в шести направлениях (рис. 1):

- одно позиционное отклонение в направлении движения;
- два линейных отклонения траектории в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения;
- три угловых отклонения – повороты вокруг осей X, Y, Z.

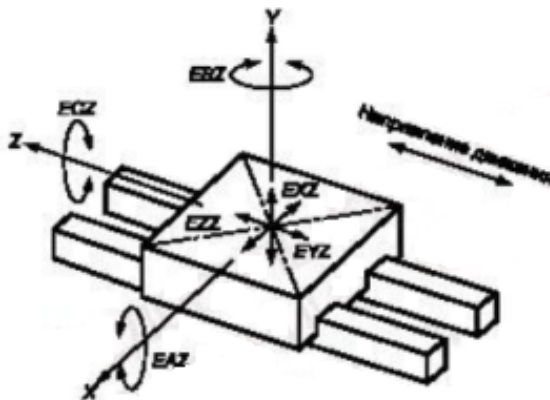


Рис. 1 - Отклонения при перемещении по оси Z

Существующие методы и средства контроля станочного оборудования могут быть классифицированы согласно схеме рис. 2.

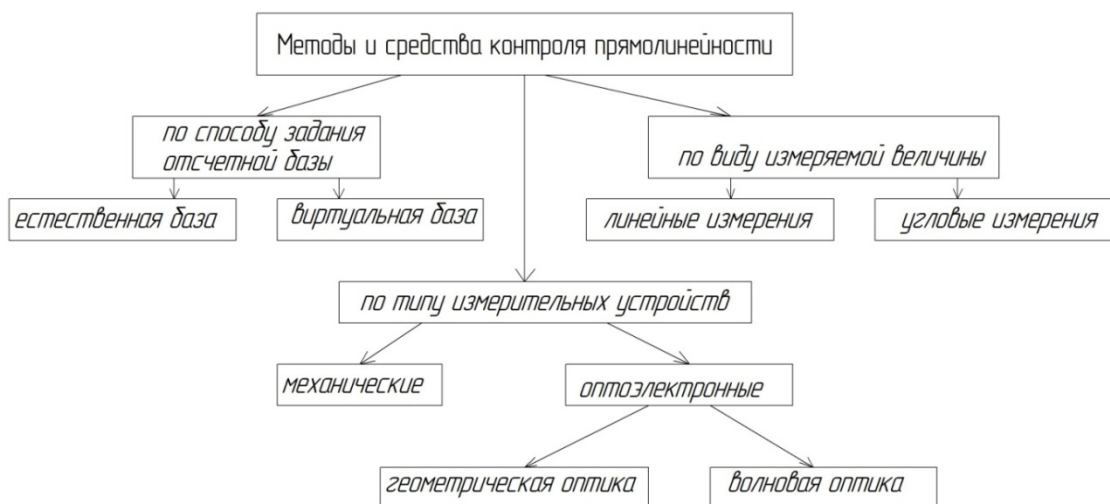


Рис. 2 - Классификация методов и средств контроля станочного оборудования

Стандарт [1] допускает применение средств измерения, обеспечивающих точность измерений не ниже, чем средства, описанные в стандарте. Для повышения чувствительности к по отношению к смещению в плоскости перпендикулярной лучу и уменьшения влияния расстояния до преобразователя по направлению движения и его угловых отклонений предлагается использование зеркальных преобразователей с компланарными нормальными.

Анализ методов и средств измерения, основанных на принципах геометрической оптики [2], выявил три возможные структуры конструктивного исполнения системы:

- преобразователь (ЗП) перемещается между неподвижными излучателем (И) и приемным устройством (рис. 3а); достоинством такой структуры является возможность обеспечить фиксацию оптической оси объектива; недостатком можно считать зависимость показаний приемного устройства от расстояния между приемным устройством и преобразователем (в случае, когда входной и выходной лучи проходят под углом к горизонту);

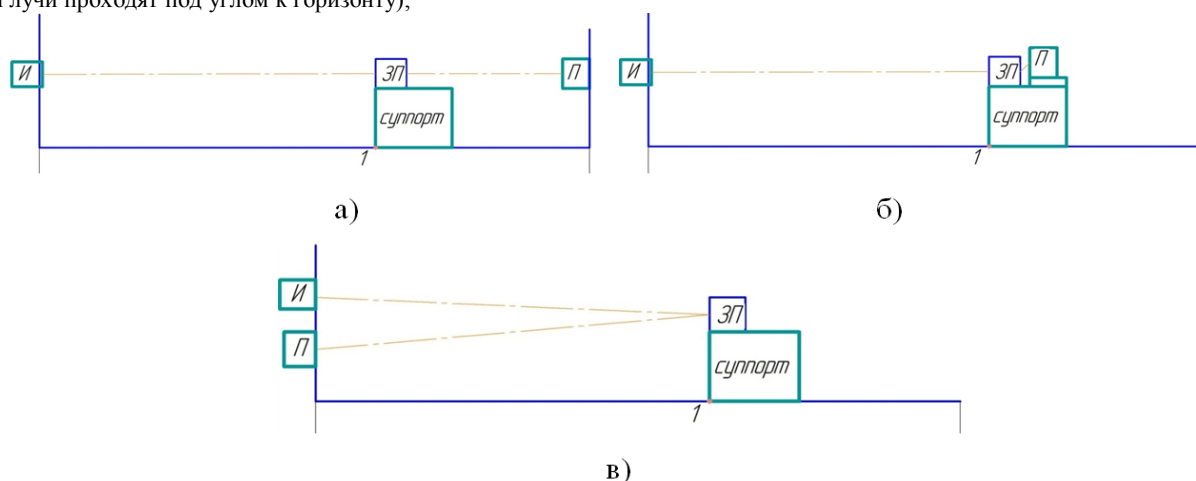


Рис. 3 – Схемы конструктивного исполнения системы контроля прямолинейности направляющих станков

- приемное устройство жестко закреплено относительно преобразователя (рис. 3б); структуры преимуществом такой структуры является независимость показаний приемного устройства от дальности;

- излучатель и приемное устройство закреплены на одной и той же плоскости (структура с возвращающимся лучом) (рис. 3в); такая структура позволяет обеспечить фиксацию оптической оси объектива, однако в случае негоризонтального положения лучей показания приемного устройства зависят от дальности.

В оптоэлектронных устройствах в качестве носителя информации может использоваться как один луч, так и пучок лучей. В последнем случае в измерительных целях может быть использована также информация о соотношении координат проекций лучей.

Для структур, изображенных на рис. 3а и рис. 3б, исследуем возможность применения в качестве измерительных преобразователей простейших трехзеркальных систем с компланарными нормальными. В системе контроля и аттестации станочного оборудования зеркальный преобразователь подвергается малым линейным и угловым смещениям. Исследование преобразователей произведено путем графического, а затем математического моделирования. Теоретической базой для конструирования зеркальных преобразователей служат основы геометрической оптики; ход лучей в зеркальной системе однозначно связан с параметрами зеркальной системы. В ходе графического моделирования были построены параметрические модели в среде КОМПАС-3D V12 зеркальных преобразователей и исследованы базовые структуры преобразователей, послужившие прототипом для математических моделей. Основным достоинством графического моделирования является наглядность; оно позволяет не только выявить существенные для математического описания системы объекты, но и оценить пределы возможного варьирования тех или иных факторов. Для исследования поведения зеркальных преобразователей при малых линейных смещениях и поворотах были построены математические модели в системе MATLAB.

Исследуем поведение углового зеркала применительно к системе, изображенной на рис. 4. При перемещении подвижного элемента станка возникают смещения преобразователя в вертикальной плоскости (рис. 4а) и угловые смещения (рис. 4б), вызывающие изменение положения преобразователя в пространстве и, соответственно, ход луча.

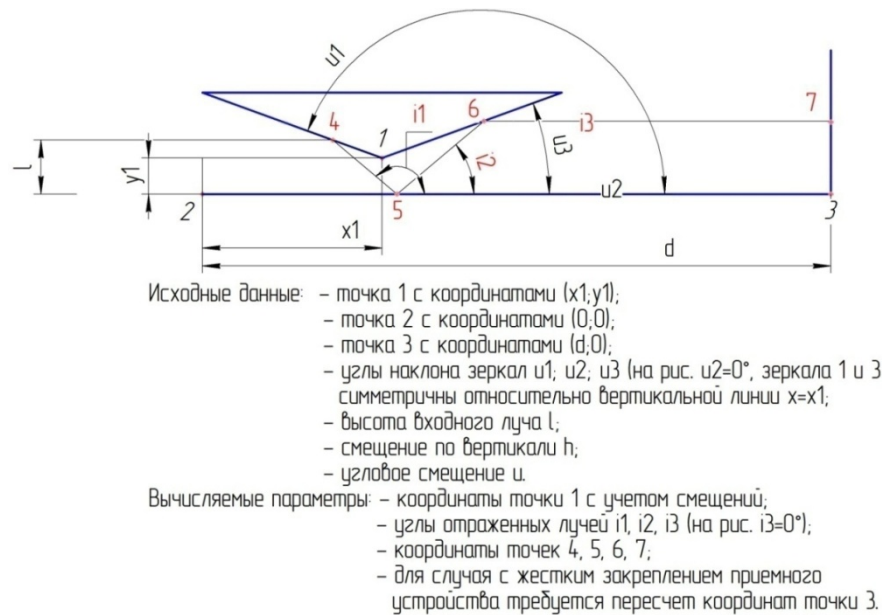


Рис. 4 - Параметры трехзеркальной системы

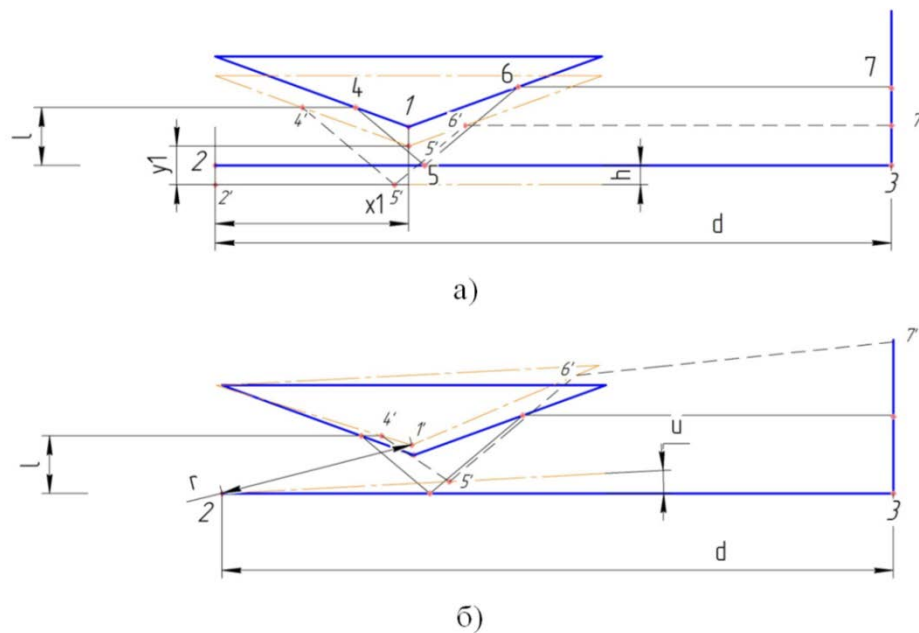


Рис. 4 - Вертикальное смещение (а) и поворот (б) трехзеркального преобразователя

Для трехзеркального преобразователя базовой (Б) структуры и двух модифицированных структур проведены следующие исследования:

- воздействие вертикальных смещений ( $h=0 \dots 1$  мм);
- воздействие угловых смещений ( $u=0 \dots 60''$ );
- воздействие дальности ( $d=400 \dots 2000$  мм).

Параметры исследуемых структур:

Б –  $u_1=160^\circ; u_2=0^\circ; u_3=20^\circ; x_1=50; y_1=10$ ;

Структура I –  $u_2=1^\circ; u_1=160^\circ; u_3=20^\circ$ ;

Структура II –  $u_1=160^\circ; u_2=0^\circ; u_3=21^\circ$ .

Пример таблицы с результатами исследования трехзеркального преобразователя при малых смещениях в вертикальной плоскости (на минимальной дальности 400 мм) представлен в таблице.

Таблица 1 - Действие линейных смещений на трехзеркальный преобразователь

h	Базовая структура		Структура I		Структура II	
	10=20	10=15	10=20	10=15	L0=20	10=15
1	17.3209	22.3209	27.1634	31.2905	6.3684	12.3728
0,8	16.9209	21.9209	26.7983	30.9254	5.9282	11.9326
0,6	16.5209	21.5209	26.4332	30.5603	5.4880	11.4924
0,4	16.1209	21.1209	26.0682	30.1952	5.0478	11.0523
0,2	15.7209	20.7209	25.7031	29.8301	4.6077	10.6121
0	15.3209	20.3209	25.3380	29.4651	4.1675	10.1719

В дальнейшем для экономии места будет приводиться только графическая интерпретация результатов исследования.

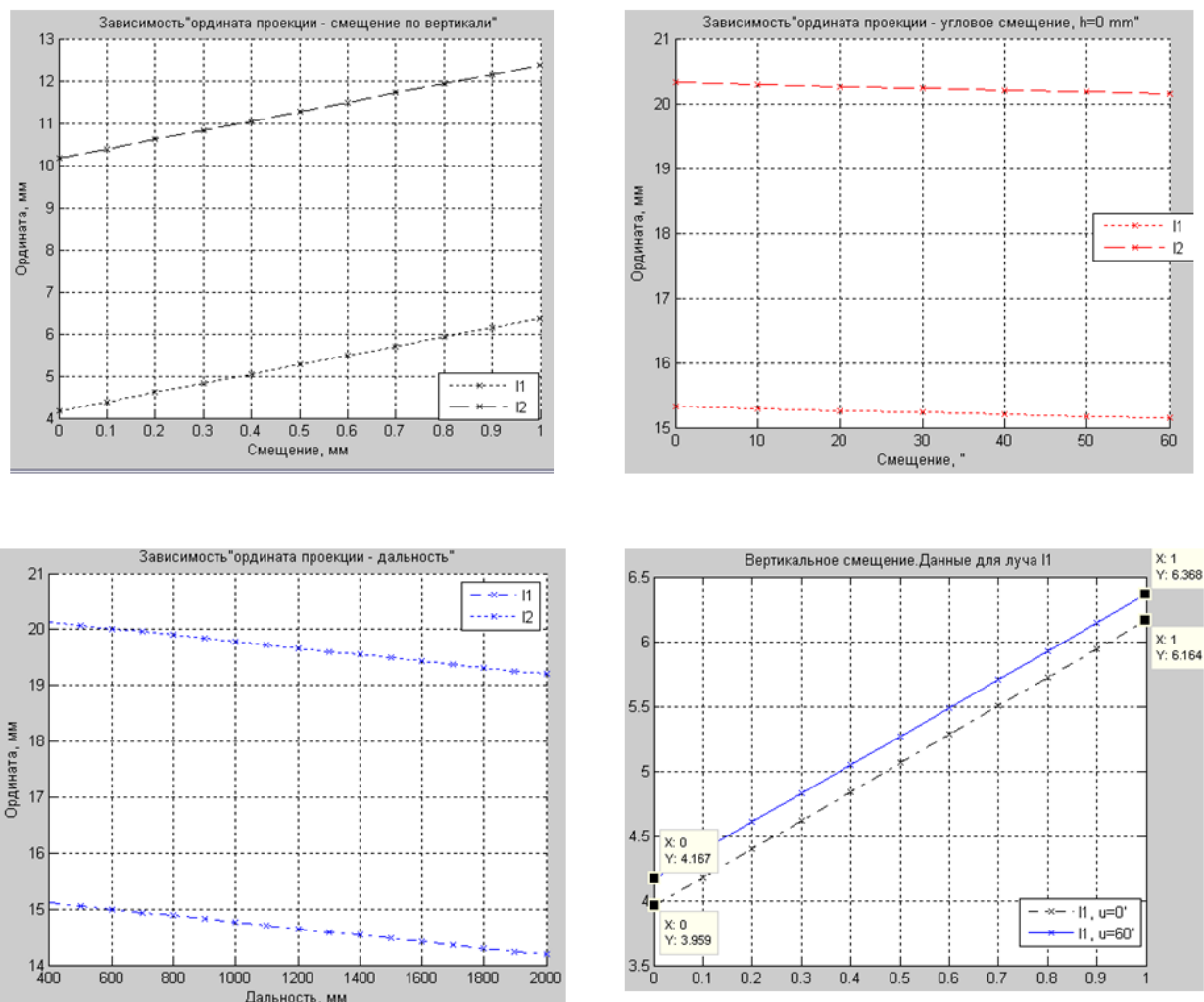


Рис. 6 - Экспериментальные данные для базовой структуры

В ходе исследования выяснено, что:

- рассмотренные структуры трехзеркальных преобразователей при малых линейных смещениях в вертикальной плоскости обеспечивают масштабный коэффициент, больший 1 (при этом наибольший масштабный коэффициент обеспечивают базовая структура и структура II –  $k=2,2$ );
- рассмотренные структуры трехзеркальных преобразователей чувствительны к поворотам. Большей величине поворота соответствует большее расстояние между проекциями лучей;
- ордината проекции луча и дальность связаны линейно;
- изменение дальности не влияет на расстояние между проекциями лучей;
- расстояние между двумя параллельными лучами с ростом величины линейного смещения в вертикальной плоскости остается неизменным.

Произведем аналогичные исследования трехзеркальных преобразователей для конструктивно объединенных преобразователя и приемного устройства. При исследовании принято  $d=150$ .

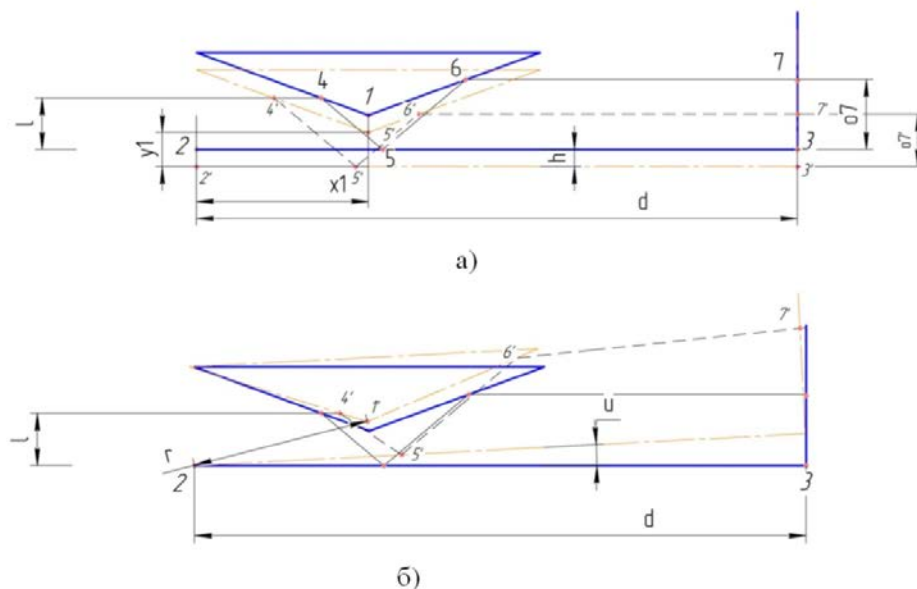


Рис. 7 - Вертикальное смещение (а) и поворот (б) преобразователя и приемного устройства преобразователя и приемного устройства



Исследование зависимости расстояния между лучами при сообщении трехзеркальным преобразователем малых линейных смещений в вертикальной плоскости представлено на рис. 8.

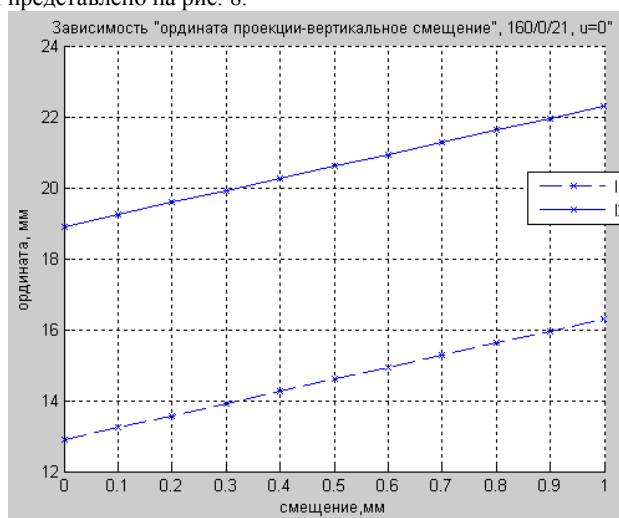


Рис. 8 - Исследование воздействия вертикальных смещений на структуру II

Исследование показало, что:

- рассмотренные структуры обеспечивают масштабный коэффициент по линейному смещению в вертикальной плоскости, больший 2 (при этом наибольшим масштабным коэффициентом обладает структура II –  $k=3,4$ );
- величина расстояния между ординатами проекций двух параллельных лучей неизменна при линейных смещениях системы в вертикальной плоскости;
- низкая чувствительность к угловым смещениям ( для рассматриваемых структур эта величина составляет  $-0,0005 \text{ мм/}^\circ$ ).

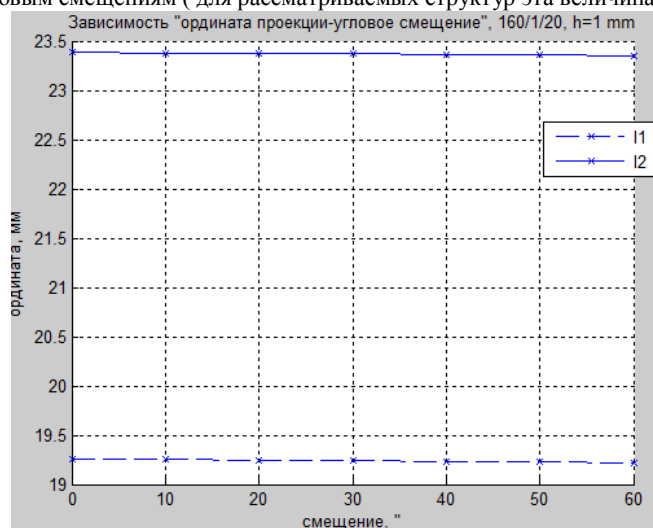


Рис. 9 - Исследование воздействия малых угловых смещений на структуру I

- Таким образом, трехзеркальный преобразователь в системе с жесткой фиксацией приемного устройства
- обеспечивает более высокий масштабный коэффициент по линейному смещению в вертикальной плоскости, нежели в системе без фиксации приемного устройства относительно преобразователя;
  - обладает низкой чувствительностью к угловым смещениям.

#### Литература

- ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 Испытания станков. Методы измерения геометрических параметров.
- Оптические методы бесконтактных измерений линейных перемещений: монография/ сост. Сарвин А.А., Кульчицкий А.А., Наумова А.К., - СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011.

#### References

- GOST R ISO 230-1-2010 Ispytaniya stankov. Metody izmereniya geometricheskikh parametrov.
- Opticheskie metody beskontaknykh izmerenij linejnyh peremeshhenij: monografiya/ sost. Sarvin A.A., Kul'chickij A.A., Naumova A.K., - SPb.: Izd-vo SZTU, 2011.

Ладанов В.И.<sup>1</sup>, Окунцев В.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доцент, <sup>2</sup>Курсант, Пермский военный институт внутренних войск

МВД России

#### ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОЛИЦЕЙСКОЙ МАШИНЫ СПМ-3

#### Аннотация

В статье описываются вопросы актуальности и необходимости применения в силовых установках специальной полицейской машины нейтрализаторов токсических веществ отработавших газов, поставляя-емой для оснащения силовых структур МВД России.

**Ключевые слова:** силовая установка специальной полицейской машины, токсические вещества отработавших газов, нейтрализация.



# ABOUT THE RELEVANCE OF THE USE OF MEANS NEUTRALIZATION OF TOXIC SUBSTANCES, THE EXHAUST GASES OF THE ENGINE SPECIAL POLICE CARS SPM-3

Abstract

*This article describes the questions the relevance and necessity of application in power plants special police car converters toxic substances exhaust gas-supplying emoy to equip law enforcement agencies MVD of Russia.*

**Keywords:** powerplant special police car, toxic substances exhaust gas neutralization.

Специальная полицейская машина СПМ-3 «Медведь» (ОКР «БТР-ВВ») является новым в подклассе бронетанковой техники, предназначенной именно для силовых структур МВД России и может применяться в качестве транспортного средства для перевозки личного состава, носителя вооружения и других целей, которая обладает несущим бронированным корпусом капотной компоновки. СПМ-3 оснащается дизельной силовой установкой ЯМЗ-536 с эффективной мощностью 229 кВт по ГОСТ 14846-81 и удельным расходом топлива 217 г/(кВт\*ч) при номинальной частоте вращения коленвала двигателя 2300 мин<sup>-1</sup>, соответствующий требованиям экологической безопасности стандарта Евро-2, нейтрализатором токсических веществ отработавших газов, к сожалению в соответствии тактико-техническим заданием на разработку данной машины, не комплектуется.

Однако на страже экологической безопасности на территории Российской Федерации (РФ) стоят отечественные нормативно-правовые документы и действующие экостандарты «Евро», введенные Европейской экономической комиссией (ЕЭК) ООН, которые определяют регулирование содержания вредных токсических элементов в составе отработанных газов у военной автомобильной и специальной техники, которые необходимо соблюдать на всех транспортных средствах специального назначения, независимо от ведомственной принадлежности.

Эволюция требований экологических норм, начиная с требований стандарта Евро-1, введенный в Европейском союзе (ЕС) в 1992 году впервые предусмотрели предельные выбросы двигателями с принудительным зажиганием: монооксида углерода (CO) - не более 2,72 г/км; сложных по строению и связям углеводородов (CH) — не более 0,72 г/км и различных по состоянию и свойствам соединений азота и кислорода (NOx) — не более 0,27 г/км. На смену данным нормам в 1995 году вступили в силу стандарта Евро-2, в котором были ужесточены в несколько раз предельные нормы по содержанию в выхлопных газах углеводородов (CH) не более 0,29 г/км, данный стандарт в Российской Федерации вступил в силу только во второй половине 2005 года. В дальнейшем нормы Евро-3, введенные в ЕС в 1999 году, заменены в 2005 году стандартом Евро-4. С начала 2008 года любые средства транспортирования грузов и пассажиров, которые произведены или ввезены в Россию начиная, должны были соответствовать требованиям экологическим нормам Евро-3. В нормах Евро-3 уменьшены на 30-40 процентов у таких показателей, как монооксид углерода (CO), оксиды азота, сложные углеводороды, которые способствуют повышению канцерогенности отработавших газов, частности в дизельных двигателях - это кристаллические частицы в виде сажи, которые в совокупности воздействия на организм человека, и в первую очередь вызывают раковые поражения организма. В ЕС на начало 2005 года ввели эконормы Евро-4, который заменил в 2009 году новый экостандарт Евро-5, который ужесточил нормативные показатели на 65-70 процентов. В РФ с 1 января 2013 года все ТССН, которые производятся или ввозятся на территорию России, должны удовлетворять требованиям экостандарта Евро-4, однако дана возможность использования шасси и базовых машин, соответствующих сертификации нормам Евро-3, выпущенных до конца 2012 года. Требования стандарта Евро-5 в России действительны с 1 января 2015 года, в котором снижены нормы по содержанию основных токсических веществ: CH - до 0,05 г/км, CO - до 0,8 г/км и NOx - до 0,06 г/км. Следует отметить, что с начала 2015 года в Европе уже вступили в силу нормы стандарта Евро-6, которые также ужесточают нормативные показатели по экологической безопасности, которые также придется соблюдать и территории России.

Анализ требований экологической безопасности показывает, что переход от различных норм стандартов ЕЭК ООН имеет целый ряд проблем, на решение которых предполагается выделение огромных материальных и финансовых средств для инженерного и технологического обеспечения, т.к. более строгие регламенты требуют уменьшения содержания в отработанных газах основных токсических веществ: сложных оксидов азота NOx более чем в четыре раза, а выбросов сажевых частиц - в три раза. Дополнительно законодательные органы требуют, чтобы силовые установки ТССН отвечали данным показателям стандартов в течении не менее семи лет эксплуатации, а также вводят обязательность проверок их соответствия на контролирующие органы.

Для выполнения требований норм экологической безопасности мировыми и отечественными конструкторами разработаны различные способы и методы по нейтрализации токсических веществ отработавших газов, соответственно производителями предлагается многочисленный ряд систем, конструкций и приборов. Основными способами для дизельных силовых установок являются: снижение за счет воздействия на рабочие процессы двигателя; конструктивные изменения камер сгорания, впускных и выпускных каналов; изменение физико-химических показателей топлива; конструктивные изменения систем топливоподачи и ее дозирования; применение водотопливных эмульсий для снижения температуры в конце процессов сжатия и сгорания; рециркуляция отработавших газов; применение специальных нейтрализаторов; применение специальных сажевых фильтров и другие.

В целях приведения выбросов токсических веществ отработавших газов силовой установки ЯМЗ-536 специальной полицейской машины СПМ-3 «Медведь» к нормативным показателям требований стандарта Евро-5 предлагается внедрить в систему выпуска отработанных газов данной машины каталитический катализатор системы селективной обработки отработавших газов с добавкой мочевины AdBlue типа SCR и электронагреваемым сажевым фильтром для дополнительного дожигания сажевых частиц отработавших газов, особенно на режимах запуска и прогрева двигателя. В результате проверочного теплового расчета и анализа предлагаемой конструктивной схемы и технического решения экологические показатели силовой установки рядного двигателя ЯМЗ-536 в соответствии с требованиями ГОСТ Р 41.96-2005 получили следующие данные: NOx = 2,12 г/кВт.ч; CH = 0,47 г/кВт.ч; CO = 1,5 г/кВт.ч; PM = 0,03 г/кВт.ч, что примерно согласуется с нормами стандарта Евро-5.

Считаю, что предложенная модернизация силовой установки ТССН СПМ-3 позволит соблюдать содержание вредных веществ в отработанных газах у автомобилей и спецтехники внутренних войск МВД России в пределах установленного законодательством РФ нормам, так как специальная техника силовых структур является полноправным и активным участником дорожного движения на территории Российской Федерации.

## Литература

1. Волкодаева М.В., Хватов В.Ф., Федцов Д.В., Исмаилов Э.Н. Положительные факторы ввода в действие специального технического регламента «О требованиях к выбросам автомобильной техники»// Двигателестроение. — 2009. — № 3. — С. 24–28.
2. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пос. для высшей школы.-2-е изд., испр. и доп. — М.: Академический Проект, 2004. — 400 с.
3. Мельник Г.В. Развитие двигателестроения за рубежом (по материалам конгресса CIMAC 2013)// Двигателестроение. — 2013. — № 3. — С. 39–53.
4. Перспективные технологии снижения выбросов NOx судовых дизелей (материалы конгресса CIMAC 2013)// Двигателестроение. — 2014. — № 2. — С. 38–54.

5. Силовой агрегат ЯМЗ-7Э536-200 для специальной полицейской машины СПМ-3. Технические условия на опытные образцы 536.1000300-20 ТУ, 2009. – 23 с.

#### References

1. Volkodaeva MV, grabbing VF, Fedtsov DV, Ismailov EN Positive factors commissioning of special technical regulations "On the requirements for emissions of automotive technology" // Motor-bile industry. - 2009. - № 3. - S. 24-28.
2. Kulchitsky AR The toxicity of automobile and tractor engines: Ucheb.pos. for higher-shkoly. 2nd ed., rev. and add. - M.: Academic Project, 2004. - 400 p.
3. G. Miller Engine development abroad (based on CIMAC Congress 2013) // engine. - 2013. - № 3. - S. 39-53.
4. Advanced technologies reduce NOx emissions of diesel engines of courts (materials CIMAC Congress 2013) // engine. - 2014. - № 2. - S. 38-54.
5. The power unit YAMZ-7E536-200 for special police-wave to us SPM-3. Specifications for prototypes 536.1000300-20 ТУ, 2009. - 23 p.

Малахова Т.А.<sup>1</sup>, Волощенко Л.В.<sup>1</sup>, Полянская В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ассистент, <sup>2</sup>Студент, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина  
**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ГИДРОЛАКТИВ» НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЯСНЫХ ДЕЛИКАТЕСОВ**

#### Аннотация

*Введение препарата «ГидроЛактиВ» в целномышечные продукты в количестве 0,5% к массе сырья способствует повышению значений pH готовых изделий, что положительно сказывается на функционально-технологических свойствах мышечных белков, а также способствует улучшению органолептических и физико-химических показателей качества мяса.*

**Ключевые слова:** буженина, препарат «ГидроЛактиВ», физико-химические показатели, органолептическая оценка, выход продукта, pH.

Malakhova T.A.<sup>1</sup>, Voloshchenko L.V.<sup>1</sup>, Polyanskaya V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assistant, <sup>2</sup>student, Belgorod State Agrarian University named after V.Y. Gorin

**EFFECT OF PREPARATION «GIDROLAKTIV» ON THE PHYSICO-CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC INDICATORS OF DELI MEATS**

#### Abstract

*Introduction of the drug «GidroLaktiV» in whole-products in an amount of 0,5% by weight of raw materials contributes to a pH of finished products, which certainly has a positive effect on the functional and technological properties of muscle proteins, and also helps to improve the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of meat.*

**Keywords:** pork, preparation «GidroLaktiV» physico-chemical characteristics, organoleptic evaluation, product yield, pH.

Спрос потребителей на высококачественные продукты питания с каждым днем возрастает. Мясные деликатесы занимают одно из лидирующих мест в рационе потребителей. Но их качество очень часто не отвечает ожиданиям потребителя. Это связано с тем, что предприятия заменяют мясное сырье искусственными добавками для удешевления производства продукции. Поэтому главной задачей для производителей является разработка инновационных технологий с использованием натуральных добавок для улучшения качества выпускаемой продукции. На наш взгляд, одним из перспективных направлений улучшения физико-химических и органолептических показателей качества мяса целномышечных продуктов может стать использование продуктов микробиотехнологической переработки молочных сывороток. В настоящее время компанией «ПТК «Лактив» была разработана и запатентована новая технология производства и использования молочных сывороток, гидролизированных и обогащенных лактатами «ГидроЛактиВ».

Анализ литературных источников показывает, что технология получения «ГидроЛактиВа» открывает широкие перспективы получения дешевого сырого протеина в неограниченных количествах. По данным многих авторов продукты, получаемые по этой технологии, будут обогащены не только сырым протеином, но и биологически активными веществами, синтезируемыми молочнокислыми бактериями, что будет являть собой дополнительную ценность при использовании их в мясной промышленности [4,5]. Несмотря на то, что использование продуктов микробиотехнологической переработки молочных сывороток в практике известно достаточно давно (П.Ф. Крашенинин и др., 1992), тем не менее использование этих продуктов так и не нашло широкого применения. В мясной промышленности таких исследований проводилось недостаточно. Эта идея не нова, и подтверждена множеством научных работ, однако все разработки и внедрения применительно к эмульгированным мясным продуктам, и практически нет сведений об использовании вторичного молочного сырья в технологии целномышечной деликатесной продукции. Как известно, к вторичному молочному сырью относят такой побочный продукт переработки молока, как сыворотка.

В связи с вышесказанным, на наш взгляд, возможность применения препарата «ГидроЛактиВ», полученным путем сквашивания молочной сыворотки, в технологии целномышечной деликатесной продукции достаточно актуальна и имеет перспективу для применения на практике. По данным производителя препарат не содержит консервантов, генетически модифицированных ингредиентов, антибиотиков и других добавок, является экологически чистым продуктом, обогащен лактатом кальция и витаминами. Лактат кальция в мясной промышленности играет роль вещества, повышающего микробиальную стабильность продуктов, позволяющего увеличить их срок годности, усиливающего вкус продуктов, восстанавливающего их цвет. Увеличение срока годности пищевой продукции возможно благодаря тому, что лактат кальция подавляет патогенные бактерии E. coli, листерию, сальмонеллу, стафилококки, возбудителей ботулизма, молочнокислые бактерии [1,3].

Для определения влияния препарата «ГидроЛактиВ» на качественные показатели целномышечных изделий, на примере буженины запеченной, был проведен ряд экспериментальных исследований. Для этих целей использовалась тазобедренная часть от свиной полутуши [2].

Технологический процесс осуществлялся в соответствии с технологической схемой выработки буженины запеченной. Рецептурная композиция рассола содержала только поваренную соль, нитрит натрия и препарат «ГидроЛактиВ» (отсутствующий в контрольном образце) в количестве 0,5% к массе сырья. Препарат хорошо растворяется как в обычной водопроводной воде, так и в солевых растворах, давая лишь единичные частицы осадка, что очень важно при составлении рассолов для инъектирования.

Целью исследовательской работы являлось определение целесообразности использования препарата «ГидроЛактиВ» в технологии целномышечной деликатесной продукции и оценка его влияния на функционально-технологические, органолептические свойства, а также на выход готового продукта.

Объектом исследований являлась тазобедренная часть с толщиной шпика не более 2 см массой 500 г от свиной полутуши и препарат «ГидроЛактиВ».

Проведенные исследования о возможности применения препарата «ГидроЛактиВ» в технологии цельномышечной деликатесной продукции позволили оценить его влияние на функционально-технологические свойства и выход готового продукта буженины запеченной (рис. 1).

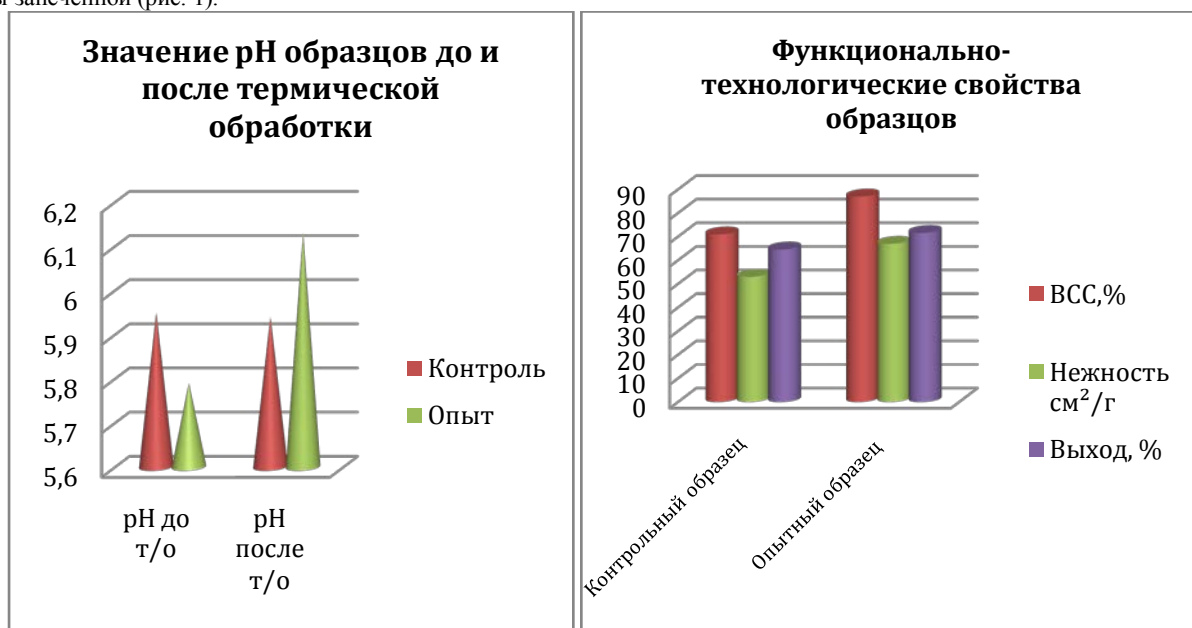


Рис. 1 - Функционально - технологические показатели образцов

Из рисунка 1 видно, что введение препарата «ГидроЛактиВ» в продукт способствует повышению значений pH готового изделия (с 5,9 до 6,13). Сдвиг pH в щелочную сторону положительно повлиял на влагосвязывающую способность мяса и на выход готового продукта. Опытный образец имел более высокий выход по сравнению с контрольным (71,6% против 64,6 % к массе сырья). Также повысилась ВСС мяса (87% против 71%).

На основании проведенных исследований было отмечено положительное влияние препарата «ГидроЛактиВ» на продукт.

Проведенная органолептическая оценка исследуемых образцов свидетельствует о том, что опытные образцы имели более нежную консистенцию и более высокую органолептическую оценку в сравнении с контрольным образцом.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования препарата «ГидроЛактиВ» в технологии деликатесных мясopодуKтов. Его применение позволит повысить выход готового изделия примерно на 6% без снижения содержания в продукте ценного животного белка и использования дополнительных добавок. Кроме того, применение данного препарата позволит улучшить вкусовые характеристики деликатесного изделия буженины запеченной, а также сделать продукт более полезным.

#### Литература

1. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов // - М.: Колос, 2001. - 571 с.
2. Герасимов В.И. Пищевая ценность свинины / В.И. Герасимов, Е.В. Пронь, А.М. Хохлов, Г.С. Походня, Т.А. Малахова // Сборник науч. тр. науч. школы профессора Г.С. Походни. – Белгород: Изд.-во БелГСХА, 2014. - Вып. - №9. – С. 205-206.
3. ГидроЛактиВ – высокоэффективная натуральная кормовая добавка отечественного производства для свиней. – Москва, ООО «ПТК Лактив», 2010. – 2 с.
4. Гутник Б. Е. Справочник технолога колбасного производства / Б.Е. Гутник, Р.М. Ибрагимов, Л.Ф. Митасева, И. А. Рогов, А.Г. Забашта // - М.: Колос, 1993. – 431с.
5. Журавская Н.К. Исследование и контроль качества мяса и мясopодуKтов: учеб.пособие для вузов / Н.К. Журавская, Л.Т. Алехина, Л.М. Отященко // – М.: Агропромиздат, 1985. - С. 30 – 36.

#### References

1. Antipova L.V. Metody issledovaniya mjasa i mjasnyh produktov / L.V. Antipova, I.A. Glotova, I.A. Rogov // - M.: Kolos, 2001. - 571 s.
2. Gerasimov V.I. Pishhevajacennost' sviny / V.I. Gerasimov, E.V. Pron', A.M. Hohlov, G.S. Pohodnja, T.A. Malahova // Sbornik nauch. tr. nauch. shkoly professora G.S. Pohodni. – Belgorod: Izd.-vo BelGSHA, 2014. - Vyp. - №9. – S. 205-206.
3. GidroLaktiV – vysokoeffektivnaja natural'naja kormovaja dobavka otechestvennogo proizvodstva dlja svinej. – Moskva, ООО «PTK Laktiv», 2010. – 2 s.
4. Gutnik B. E. Spravochnik tehnologa kolbasnogo proizvodstva / B.E. Gutnik, R.M. Ibragimov, L.F. Mitaseva, I. A. Rogov, A.G. Zabashta // - M.: Kolos, 1993. – 431s.
5. Zhuravskaja N.K. Issledovanie i kontrol' kachestva mjasa i mjasoproduktov: ucheb.posobie dlja vuzov / N.K. Zhuravskaja, L.T. Alehina, L.M. Otrjashenkova // – M.: Agropromizdat, 1985. - S. 30 – 36.

**Зиннатов Р. Р.<sup>1</sup>, Маврин Г. В.<sup>2</sup>, Насыров И. А.<sup>3</sup>, Давлетшина Ч. Г.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Инженер, <sup>2</sup>Кандидат химических наук, доцент, <sup>3</sup>Младший научный сотрудник, <sup>4</sup>Магистрант, Набережночелнинский институт (филиал) Казанский (Приволжский) федеральный университет

#### К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗОМ

#### Аннотация

В статье рассмотрено – проблема утилизации и переработки твердых бытовых отходов, низкотемпературный пиролиз как способ переработки отходов, получение в результате пиролизной переработки отходов тепловой и электрической энергии, товарных продуктов.

**Ключевые слова:** пиролиз, утилизация, твердые бытовые отходы.

**Zinnatov R.R.<sup>1</sup>, Mavrin G. V.<sup>2</sup>, Nasyrov I. A.<sup>3</sup>, Davletshina Ch. G.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Engineer, <sup>2</sup> PhD in Chemical, associate professor, <sup>3</sup>Research Assistant, <sup>4</sup>Undergraduate, Branch of Kazan Federal University in Naberezhnye Chelny

## **THE QUESTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE RECYCLING PYROLYSIS**

***Abstract***

*The article considers of the problem of processing and recycling of municipal solid waste, low-temperature pyrolysis as a way to recycling waste, getting as result of heat and electricity, commodity products from the pyrolysis of waste*

**Keywords:** pyrolysis, recycling, municipal solid waste.

статья изъята

статья изъята

**Никитин Ю.Н.<sup>1</sup>, Скрипник А.А.<sup>2</sup>, Процкая Л.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>Аспирант, <sup>3</sup>Кандидат химических наук, Сибирский казачий институт технологий и управления (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Омск

**К СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЮ ПОСЛЕВОЕННОГО РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ШИН**

*Аннотация*

*Дан анализ довоенного состояния и послевоенного развития отечественного производства шин до и после распада СССР.*

**Ключевые слова:** резина, техуглерод, шины, производство

**Nikitin Yu. N.<sup>1</sup>, Skripnik, A. A.<sup>2</sup>, Prockaya L. A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doctor of technical Sciences, <sup>2</sup>Aspirant, <sup>3</sup>Candidate of chemical Sciences, Siberian Cossack Institute of technology and management (branch) of Federal STATE budgetary educational institution IN «mgutu name K.G. Razumovsky (First Cossack University)», Omsk

**TO SEVENTIETH ANNIVERSARY OF POST-WAR DEVELOPMENT TO HOME TECHNOLOGY OF TIRES**

*Abstract*

*The analysis of a pre-war state and post-war development of a domestic production of tires before collapse of the USSR is given.*

**Keywords:** rubber, carbon black, tires, production

В 1908 году в России появились первые пробные партии шин, с 1912 – улучшенные шины по технологии английской фирмы «Данлоп», а с 1924 года началось освоение шинных резин с канальной сажой, кордных тканей, шин «обыкновенных» конструкций с протектором «аллигатор» и «гигантов» [1-3]. В 1928 году были образованы Научно-технический совет (НТС) и НИИ резиновой промышленности (НИИРП), разработана Б.В. Бызовым и принята НТС терминология и классификация технологических процессов, начались разработки рецептур и методов испытаний резин. В 1932 году вышел из печати справочник «Спутник резинщика», а в сентябре в Ярославле запущен первый завод натрий-бутадиенового каучука СКБ для замены дефицитного НК из гевеи и одновременно развивалась технология НК из тау-сагыза. В ноябре этого же года введен в строй Ярославский резиново-асбестовый комбинат (ЯРАК) в составе шинного (ЯШЗ) и заводов асбесто-технических изделий и резиновой подошвы с подсобными предприятиями: ТЭЦ, кордной фабрикой, регенератным, механическим и вентиляльным заводами. ЯШЗ был моделью завода фирмы «Зайберлинг» (США) и мощнее в 5-6 раз шинного завода «Красного треугольника» (ЛШЗ), имел пластикатор Гордона и смеситель

Бенбери, профильные и 4-х валковые каландры, диагонально-резательную машину, браслетные станки и вулканизацию в автоклавах.

Удачно переработав американские рецепты под местные условия, опытный резинщик М.И. Фарберов обеспечил ярославским шинам более высокое качество по сравнению с ленинградскими шинами [1,3]. ЛШЗ начал освоение каучука СКБ в сентябре 1933 года с содержания 70% в протекторной резине, а ЯШЗ из-за низкого и не стабильного качества его первых партий - только в октябре и с 25%, но с приближением к 100% СКБ трудности в освоении нарастали. С апреля 1935 года на ЯШЗ пошёл массовый срыв рисунка протектора при выемке покрышки из формы, а на ЛШЗ резины из-за узкого плато не вулканизовались внутри покрышек. В марте 1936 года С. Орджоникидзе подвёл итоги освоения СКБ: ЯШЗ работал хуже, чем планировалось - при мощности 3,8 млн. выпущено 1,6 млн. шин, задача полной замены НК не решена, пробег шин упал в три раза, отходы и брак выросли. В печати появились призывы запретить комбинирование каучуков, критиковалась «вредная» теория и практика ступенчатого освоения СК, ставилась задача поднять мощность до 5 млн. шин на основе 100% СК с пробегом 40 тыс. км к концу 1937 года, и начались репрессии.

За два года репрессировали 10 директоров ЯРАК и 9 директоров ЯШЗ, а с ними - и главных инженеров со специалистами по закупке импортного оборудования, не обошли и руководство завода «Красный треугольник». В годы массового террора, достигшего расцвета в 1937 году, все промахи списывались на «врагов народа», которые просто пропадали, но уже к 1938 году 75% НК удалось заменить на СКБ. При этом тысячи резинщиков спасло постановление Куйбышева и Ягоды от 1930 года об использовании «вредителей» таким образом, чтобы «работа их проходила в помещениях органов ОГПУ». Так удалось спастись М.И. Фарберову, которого направили работать на закрытый объект, реорганизованный после войны в научно-исследовательский институт мономеров для СК (НИИМСК), а позднее - ОАО «Ярсинтез». После реабилитации М.И. Фарберов стал крупным учёным в области органического синтеза, возглавлял одну из ведущих кафедр ЯТИ, подготовил более десятка докторов и кандидатов наук, в том числе будущего ректора ЯТИ Б.Ф. Уставщикова, проректора ЯТИ и ректора Ярославского университета - Г.С. Миронова [4]. О заслугах М.И. Фарберова перед Россией напоминает мемориальная доска его памяти на здании ФГБОУ ВО ЯГТУ.

В 1939 году от Наркомтяжпрома отделился Наркомхимпром, в состав которого вошёл и Главшинпром, построили также опытный завод НИИРПА, а шинное производство на «Красном треугольнике» реорганизовано в Ленинградский шинный завод [1]. В декабре 1940 года ЯРАК разукрупнён на три самостоятельных завода, механический завод включён в состав ЯШЗ, директором которого назначен П.Ф. Баденков. В марте 1941 года был образован Наркомат резиновой промышленности (НКРП), в состав его вошёл и Главшинпром, а шинный сектор НИИРПА реорганизован в НИИ шинной промышленности (НИИШП), который пересмотрел в сторону улучшения рецептуру и спецификации покрышек. Главным инженером НИИШП назначен В.Ф. Евстратов, с 1942 года он стал его директором, а с 1944 - заместителем директора по научной работе [5]. Таким образом, перед Великой отечественной войной в СССР работали два шинных завода и опытный завод НИИШП с объёмом производства 4,3 млн. шин.

В начале войны оборудование и коллективы шинных заводов частично эвакуировали, и на их базе в 1942 году запустили Свердловский и Омский, а в 1943 - Кировский и Ереванский шинные заводы [1]. Основную работу по выпуску шин для нужд обороны выполняли ЯШЗ и новые заводы, инженеров готовили на кафедрах технологии резины Москвы (МИТХТ), Ленинграда (ЛТИ), с 1944 года - Ярославля (ЯТИ) и с 1946 года - Киева (КТИЛП). Объём производства шин упал до 0,95 млн. шт. и начал расти до 1,4 млн. шт. к концу войны, а до 1950 года шло восстановление промышленности. В ноябре 1945 года ввели в строй Московский шинный завод (МШЗ) с американским оборудованием, по которому модернизировали и отечественные заводы: ввели пропитку корда и экспресс-анализ резин, освоили новые методы смещения и перешли с каландрования протекторных лент на шприцевание. Внедрили полудорновые барабаны для сборки покрышек с двумя и более крыльями, индивидуальные вулканизаторы для них и воскирование для защиты их от озонного старения. Внедрили агрегаты для профилирования ездовых камер, механизированная стыковка рукавов и прямые вентиля с их последующим изгибом, заменены дорны на индивидуальные вулканизаторы. Запущена форсуночная и трофейная канальная технология техуглерода на антраценовом масле. В 1950 году введён в строй Воронежский шинный завод, и производство шин увеличилось до 7,4 млн. шт.

В 1943 году Япония объявила войну США и перекрыла поставки НК, а ответом на этот вызов были организация собственного производства его синтетического заменителя БСК (Буна S) и новой печной технологии техуглерода как стратегических материалов национальной безопасности [1]. Главный победитель Германии и лидер освобождённых от фашизма государств Варшавского договора стал для США опасным противником построения однополярного мира, поэтому был создан Североатлантический блок (НАТО) и развязана «холодная» экономическая война санкциями. Пятую пятилетку СССР посвятил проблемам замещения импортного сырья в резинах и пропиточных составах на отечественное сырьё, замены корда хлопкового вискозным, внедрения конструкций шин с улучшенным отводом тепла и увеличения мощностей шинных заводов. В это время ЯШЗ первым ускорил вулканизацию покрышек заменой перегретой воды на пар высокого давления и преодолел рубеж 5 млн. шин в год. В резинах уменьшали долю НК и заменяли СКБ на БСК и стереорегулярные каучуки, в конструировании переходили на бескамерные и металлокордные радиальные шины, а осваивали их производство на опытном заводе НИИШП. Хрущёвские реформы в управлении через совнархозы ускорили строительство шинных заводов: в 1960 году ввели в строй Бакинский и Красноярский, а в 1961 - Днепропетровский шинный завод (ДШЗ) с оборудованием и передовой технологией фирмы Данлоп. Уровень автоматизации и механизации на ДШЗ достигал 67% по сравнению с 27% на МШЗ [2]. В 1964 году с запуском Волжского и Барнаульского заводов выпуск шин достиг 26,5 млн. шт.

В 1965 году с заменой совнархозов министерствами и утверждением Миннефтехимпрома СССР во главе с министром Фёдоровым начался новый этап развития технологии шин. Под руководством ВПО «Союзтехуглерод» и ВНИИТУ были построены крупные новые производства печного техуглерода в Ярославле, Волгограде, Омске, Нижнекамске и Кременчуге с парком вагонов-хопперов для его перевозки [6,7]. Учёные и фирмы США делились опытом внедрения печной технологии техуглерода в переведённом на русский язык сборнике научных трудов [8], образцами базовых марок и результатами их исследований, а стандарты контроля их качества по ASTM стали основой международных. Строительством бункерных складов, механизированной приёмки и хранения отечественных аналогов трёх активных и одной полуактивной марки шинные заводы модернизировали свою технологию и получили возможность улучшать качество протекторных резин и менять ассортимент шин. За двадцать лет с 85 до 50% уменьшилась доля грузовых и автобусных шин, с 13,5 до 32,2% увеличилась доля легковых и с 1,5 до 17,6% - тракторных и сельскохозяйственных. С введением в строй Нижнекамского, Белощерковского, Бобруйского и Чимкентского шинных заводов СССР по объёму производства (80 млн. шт.) в 1985 году становится лидером в Европе. Заводы разместились на всей территории СССР, из них три были в Закавказье и Средней Азии, три - за Уралом и десять - в Европейской части, включая один в Белорусской ССР и два в Украинской ССР.

Ярославские резинщики были прямыми участниками послевоенного ускоренного развития науки и технологии шин в Украинской ССР. Выпускник Ярославского резино-химического техникума Г.А. Блох ушёл на войну аспирантом МТИЛП, а в 1946 году создал кафедру технологии резины в КТИЛП и начал исследования механизмов действия органических ускорителей вулканизации методом радиоактивных изотопов [9]. В 1954 году по решению Минвуза СССР о перебазировании кафедры технологии резины он переехал в Днепропетровский химико-технологический институт (ДХТИ), в 1960 году защитил докторскую диссертацию и приобрёл мировую известность как талантливый учёный и педагог. В Днепропетровский филиал НИИШП приглашались специалисты ЯШЗ во главе с Д.Б. Богуславским, который возглавил позднее созданный на его основе НИИ

крупногабаритных шин (НИИКТШ) и стал доктором наук. Выпускников кафедры технологии резины ЯТИ ежегодно направляли на украинские шинные заводы. Молодые кафедры ДХТИ (профессор Г.А. Блох) и ЯТИ (профессор В.Г. Эпштейн) по количеству аспирантов и эффективности научных исследований догнали подобные кафедры Москвы и Ленинграда, а по активности в организации площадок для дискуссий превзошли их. Научно-технические совещания и конференции в Киеве, Днепропетровске, Ярославле и Воронеже [10-19] и две международные конференции в Москве, (Rubber-68) и Киеве (Rubber-78) ускорили развитие отечественной технологии шин.

События 90-х годов с распадом СССР на 15 государств изменили платёжеспособный спрос на автомобили и ассортимент шин [1,2]. Доля грузовых и автобусных шин сократилась с 41,4% в 1990 году до 34,2% в 2001 году, что приблизило их соотношение к среднему мировому уровню, и количество шинных заводов в Российской Федерации уменьшилось на 6, а их мощность снизилась до уровня 1965 года. Объем выпуска шин в 2000 году составил менее 65% от уровня 1995 года, но последующая тенденция к росту в 2007 году свидетельствует о том, что производство оправилось от потрясений и способно достигнуть мощности 57 млн. шин.

Политологи не готовы оценить лихие 90-ые, но они очень напоминают современные события в Украине: были путч и победа, советники США и обвал экономики, симптомы распада России и оппозиция, которая состояла не только из патриотов, но и «пятой колонны». Различия в том, что США не могут раскачать наше общество и дают новыми санкциями, чтобы вернуть ускользающую победу в давно навязанной нам «холодной» войне.

#### Литература

1. Агайяц И.М. Пять столетий каучука и резины. - М.: «Модерн-А», 2002. - 432с.
2. Агайяц И.М. 175 лет резиновой промышленности России: ключевые моменты развития. // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технология: Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. - М., 2007. - С. 38.
3. Агайяц И.М. СКА и СКБ, триумф и трагедия. // Проблемы шин и резинокордных композитов: Материалы XXIII симпозиума. - М., 2012. - С.5.
4. Миронов Герман Севинович (к семидесятилетию со дня рождения). // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2005. Т.48. вып.10. - С.151.
5. Агайяц И.М. К столетию со дня рождения Василия Фёдоровича Евстратова. // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технология: Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. - М., 2008. - С. 6.
6. Никитин Ю.Н. Сто лет усиления шинных резин техуглеродом. Материалы IX Межд. науч.-практич. конф. «Образование и наука без границ - 2013». - Przemysl, 2013, V.41. S. 7-17.
7. Никитин Ю.Н., Скрипник А.А., Процкая Л.А. К семидесятилетию усиления шинных резин печным техуглеродом. // Research Journal International Studies. 2015, №2 (33), Ч.1. - С.54-58
8. Усиление эластомеров. / Под ред. Дж. Крауса: Пер. с англ. - М.: Химия, 1968. - 483с.
9. Григорий Абрамович Блох – видный советский учёный, основатель кафедры технологии резины на Украине (к 100-летию со дня рождения). // Эластомеры: материалы, технология, оборудование, изделия: Тезисы докл. IX Украинской с междунар. участием науч.-техн. конф. резинщиков. – Днепропетровск, 2012. – С. 11-20.
10. Тезисы докл. науч.-техн. совещания по проблемам использования синтетич. смол в резиновой, шинной, кабельной и легкой пром. - Днепропетровск, 1965.
11. Прочность и усиление резин: Тезисы докладов VI науч.-техн. конф. по вопросам химии и технологии резины. - Ярославль, 1966.
12. Применение синтетических смол в резиновых смесях: Тезисы докладов совещания. - Киев, 1966.
13. Проблемы сырья и его переработки в резиновой промышленности: Тезисы докладов науч.-техн. конф. - Киев, 1967.
14. Свойства резин на основе совмещения каучуков: Тезисы докладов VII науч.-техн. конф. по химии и технологии резины. - Ярославль, 1968.
15. Тезисы докладов Республ. науч.-техн. конф. по проблемам химии и технологии процессов вулканизации каучуков. – Днепропетровск, 1970.
16. Тез. докл. Республ. науч.-техн. конф. по проблемам совершенствования способов переработки каучуков и резиновых смесей. - Ярославль, 1971.
17. Новые материалы и процессы в резиновой промышленности: Тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. конф. - Днепропетровск, 1973.
18. Совершенствование методов приготовления и формования резиновых смесей: Тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. конф. - Ярославль, 1974.
19. Пути повышения качества шин и резиновых изделий на основе каучуков общего назначения: Тезисы докладов и сообщений к Всесоюз. науч.-техн. конф. - Воронеж, 1975.

#### References

1. Agajanc I.M. Pjat' stoletij kauchuka i reziny. - M.: «Modern-A», 2002. - 432s.
2. Agajanc I.M. 175 let rezinovej promyshlennosti Rossii: ključevye momenty razvitiya. // Rezinovaja promyshlennost'. Syr'e, materialy, tehnologija: Materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - M., 2007. - S. 38.
3. Agajanc I.M. SKA i SKB, triumf i tragedija. // Problemy shin i rezinokordnyh kompozitov: Materialy XXIII simpoziuma. - M., 2012. - S.5.
4. Mironov German Sevirovich (k semidesjatiletiju so dnja rozhdenija). // Izvestija vuzov. Himija i himičeskaja tehnologija. 2005. T.48. vyp.10. - S.151.
5. Agajanc I.M. K stoletiju so dnja rozhdenija Vasilija Fjodoroviča Evstratova. // Rezinovaja promyshlennost'. Syr'e, materialy, tehnologija: Materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - M., 2008. - S. 6.
6. Nikitin Ju.N. Sto let usilenija shinnyh rezin tehuglerodom. Materialy IX Mezhd. nauch.-praktič. konf. «Obrazovanie i nauka bez granic - 2013». - Przemysl, 2013, V.41. S. 7-17.
7. Nikitin Ju.N., Skripnik A.A., Prockaja L.A. K semidesjatiletiju usilenija shinnyh rezin pechnym tehuglerodom. // Research Journal International Studies. 2015, №2 (33), Ch.1. - S.54-58
8. Usilenie jelastomerov. / Pod red. Dzh. Krausa: Per. s angl. - M.: Himija, 1968. - 483s.
9. Grigorij Abramovich Bloh – vidnyj sovetskij uchjonyj, osnovatel' kafedry tehnologii reziny na Ukraine (k 100-letiju so dnja rozhdenija). // Jelastomery: materialy, tehnologija, oborudovanie, izdelija: Tezisy dokl. IX Ukrainskoj s mezhdunar. uchastiem nauch.-tehn. konf. rezinshhikov. – Dnepropetrovsk, 2012. – S. 11-20.
10. Tezisy dokl. nauch.-tehn. soveshhanija po problemam ispol'zovanija sintetich. smol v rezinovej, shinnoj, kabel'noj i legkoj prom. - Dnepropetrovsk, 1965.
11. Prochnost' i usilenie rezin: Tezisy dokladov VI nauch.-tehn. konf. po voprosam himii i tehnologii reziny. - Jaroslavl', 1966.
12. Primenenie sintetičeskich smol v rezinovyh smesjah: Tezisy dokladov soveshhanija. - Kiev, 1966.
13. Problemy syr'ja i ego pererabotki v rezinovej promyshlennosti: Tezisy dokladov nauch.-tehn. konf. - Kiev, 1967.
14. Svojstva rezin na osnove sovmeshhenija kačukov: Tezisy dokladov VII nauch.-tehn. konf. po himii i tehnologii reziny. - Jaroslavl', 1968.



15. Tezisy докладov Respubl. nauch.-tehn. konf. po problemam himii i tehnologii processov vulkanizacii kauchukov. – Dnepropetrovsk, 1970.
16. Tez. dokl. Respubl. nauch.-tehn. konf. po problemam sovershenstvovaniya sposobov pererabotki kauchukov i rezinovyh smesey. – Jaroslavl', 1971.
17. Novye materialy i processy v rezinovoj promyshlennosti: Tezisy докладov Vsesojuz. nauch.-tehn. konf. – Dnepropetrovsk, 1973.
18. Sovershenstvovanie metodov prigotovleniya i formovaniya rezinovyh smesey: Tezisy докладov Vsesojuz. nauch.-tehn. konf. – Jaroslavl', 1974.
19. Puti povysheniya kachestva shin i rezinovyh izdelij na osnove kauchukov obshhego naznacheniya: Tezisy докладov i soobshhenij k Vsesojuz. nauch.-tehn. konf. – Voronezh, 1975.

#### Новиков М.Ю.

Аспирант Института Математики и Механики Уральского отделения Российской Академии Наук  
Ассистент кафедры анализа систем и принятия решений Уральского Федерального Университета

#### МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

#### Аннотация

Работа посвящена алгоритмам и методам решения задач конечномерной оптимизации при моделировании экономических процессов. Рассматривается метод проекции градиента. Сформулированы рекомендации по выбору языка программирования для реализации алгоритмов на ЭВМ.

**Ключевые слова:** оптимизация, метод, алгоритм, градиент, функция

#### Novikov M. Y.

Post-graduate student of the Institute of Mathematics and Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Assistant of the department of systems analysis and decision-making of the Ural Federal University

#### METHODS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS IN SOLVING ECONOMIC PROBLEMS

#### Abstract

The article is devoted to algorithms and methods for solving finite-dimensional optimization in the modeling of economic processes. We consider the gradient projection method. Recommendations on the choice of programming language to implement algorithms on a computer.

**Keywords:** optimization, method, algorithm, gradient, function

Одним из наиболее интенсивно используемых, эффективных и важных инструментариев повышения эффективности экономического управления в настоящее время являются математические методы оптимизации. Использование математики в экономике позволяет определить и формально описать наиболее важные связи.

Можно выделить три основных этапа проведения математического моделирования в экономике:

1. определяются цели и задачи исследования, выполняется описание объекта в виде экономической модели;
2. формулируется математическая модель изучаемого объекта, определяется набор методов исследования;
3. обработка и анализ данных.

Современные методы оптимизации довольно часто трактуются при помощи высокого математического уровня. В то же время существуют довольно простые алгоритмы для поиска минимума (максимума) функции. При этом описание последовательности действий на алгоритмическом языке с элементами математики дает большую степень свободы для программиста, оставляя за ним возможность самостоятельного выбора языка программирования. Для решения задач оптимизации программист-математик должен учитывать реальные возможности вычислительной техники с учетом специфики алгоритма.

В теории оптимизации выделяют три основных класса задач: задачи безусловной оптимизации; задачи условной оптимизации; задачи оптимизации при неполных данных. В зависимости от вида функции, подлежащей оптимизации выделяют задачи линейного программирования и задачи выпуклого программирования (в этих задачах  $f$  и  $X$  выпуклы). До настоящего времени не найдены эффективные алгоритмы для невыпуклых и многоэкстремальных задач, а также для задач дискретной оптимизации.

Рассмотрим алгоритм решения задач нелинейного программирования (задачи выпуклого программирования). Математическая модель подобных задач в общем виде формулируется следующим образом:

$$f = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min (\max). \quad (1)$$

При этом функция  $f$  выпукла вниз (вверх) и непрерывно дифференцируема на множестве  $X$  (выпуклое замкнутое множество).

Для подобных задач нет единого метода решения. В зависимости от вида целевой функции и системы ограничений разработаны специальные методы решения. Рассмотрим алгоритм метода проекции градиента в общем виде [1, с.269]. На основе анализа алгоритма можно сформулировать рекомендации для его реализации на одном из современных языков программирования. Ниже представлен алгоритм метода проекции градиента наиболее оптимальный, по мнению автора.

**Задача.** Найти  $\arg \min f_0(x)$  для заданной функции  $f_0: R^n \rightarrow R^1$  и заданного множества  $X \subset R^n$

**Предположение.** Функция  $f_0$  выпукла вниз и непрерывно дифференцируема на множестве  $X$  (выпуклое замкнутое множество)

#### Алгоритм

Н а ч а л о.

I. Выбрать начальное приближение  $x^0 \in X$

II. Положить  $k=0$ .

О с н о в н о й    ц и к л.

III. Вычислить  $\nabla f_0(x^k)$

IV. Выбрать множитель  $\beta_k$ , удовлетворяющий условию:

$$0 < \beta' \leq \beta_k \leq \beta'' < +\infty \quad (2)$$

V. Вычислить точку по формуле:

$$y^k = x^k - \beta_k \nabla f_0(x^k) \quad (3)$$

VI. Вычислить точку  $y_X^k$  – проекцию точки  $y^k$  на выпуклое замкнутое множество  $X$ .

VII. Вычислить множитель  $\rho_k$  по формуле:

$$f_0(x^k - \rho_k(x^k - y_X^k)) = \min_{0 \leq \rho \leq 1} f_0(x^k - \rho(x^k - y_X^k)) \quad (4)$$

VIII. Присвоить:

$$x^{k+1} = x^k - \rho_k(x^k - y_X^k) \quad (5)$$

$$k = k + 1 \quad (6)$$

и перейти к шагу III.

К о н е ц.

Наибольшую трудность при практической реализации алгоритма может доставить вычисление проекции точки на множество. Дело даже не в том, что далеко не для всех множеств можно найти точную проекцию. Исходя из определения, проекцией точки  $y \in R^n$  на множество  $X \subset R^n$  называется вектор  $P(y) \in X$ , удовлетворяющий условию:

$$\|y - P(y)\| = \min_{y \in X} \|y - a\| \quad (7)$$

Задача (7) является задачей минимизации строго выпуклой неотрицательной функции на множестве. Часто удобнее работать с эквивалентной ей задачей:

$$\|y - P(y)\|^2 = \min_{y \in X} \|y - a\|^2 \quad (8)$$

Очевидно, что задача отыскания проекции точки на выпуклое множество – это задача минимизации выпуклой функции на выпуклом множестве. Необходимо заметить, что, как правило, отыскать точно проекцию точки невозможно. Поэтому приходится пользоваться процедурами для нахождения приближенных значений проекции. Однако, при достаточно "простых" множествах  $X$  проекцию можно вычислить, пользуясь достаточно простыми "явными" формулами. Приведем несколько примеров таких множеств [2].

Пусть  $a \in R^n$  произвольная точка.

– Шар

если  $X = \{x \in R^n \mid \|x - x^0\| \leq r\}$  - шар, то

$$\pi_X(a) = x^0 + \frac{a - x^0}{\|a - x^0\|} r \quad (9)$$

– Координатный параллелепипед

если  $X = \{x \in R^n \mid b_j \leq x_j \leq c_j, \quad j = 1, \dots, n\}$ , то

$$(\pi_X(a))_j = \begin{cases} b_j & \text{если } a_j < b_j; \\ a_j & \text{если } b_j \leq a_j \leq c_j; \\ c_j & \text{если } a_j > c_j; \end{cases} \quad (10)$$

– Неотрицательный ортант

если  $X = R_+^n = \{x \in R^n \mid x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n\}$ , то

$$(\pi_X(a))_j = (\max(0, a_1), \dots, \max(0, a_n)) \quad (11)$$

– Гиперплоскость

если  $X = H_{p\beta}^+ = \{x \in R^n \mid \langle p, x \rangle = \beta\}, (p \neq 0)$  то

$$(\pi_X(a))_j = a + (\beta - \langle p, a \rangle) \frac{p}{\|p\|^2} \quad (12)$$

– Полупространство

если  $X = H_{p\beta}^+ = \{x \in R^n \mid \langle p, x \rangle \geq \beta\}, (p \neq 0)$ , то

$$(\pi_X(a))_j = a + \max(0; \beta - \langle p, a \rangle) \frac{p}{\|p\|^2} \quad (13)$$

Перейдем к практическому применению метода проекции градиента. Предположим, что некая экономическая модель описана математическим языком в виде функции нелинейной функции:

$$f(x) = x_1^2 + x_2^2 \quad (14)$$

при ограничениях, заданных системой следующих неравенств:

$$\begin{cases} -7 \leq x_1 \leq 5 \\ -5 \leq x_2 \leq -2 \end{cases} \quad (15)$$

Следуя алгоритму, выбирается начальная точка  $x^0$ , например:

$$x^0 = (-5, -3).$$

Значение градиента функции в этой точке будет равно:

$$\nabla f_0(x^0) = (-10, -6).$$

Выбираем множитель  $\beta_0 = 0.5$

Вычисляем точку  $y^k = x^k - \beta_k \nabla f_0(x^k)$

Проекцию точки на множество вычисляем по явной формуле для координатного параллелепипеда (формула 10)

Выход из основного цикла осуществляется по достижению необходимой точности. Как правило, выбирается значение модуля разности между текущим и предыдущим значением функции.

В данном примере на некоторой итерации алгоритм найдет решение: функция принимает минимальное значение, равное 4 в точке (0,-2).

Практические примеры задач нелинейного программирования широко встречаются в экономической деятельности. Приведем пример подобной задачи:

«Предприниматель решил выделить на расширение своего дела 150 тыс. руб. известно, что если на приобретение нового оборудования затратить  $x$  тыс. руб., а на зарплату вновь принятых работников  $y$  тыс. руб., то прирост объема продукции составит  $Q = 0.001x^{0.6}y^{0.3}$ . Как следует распределить выделенные денежные ресурсы, чтобы прирост объема продукции был максимальным?»

Метод проекции градиента не лишен особенностей и специфики применения. Тем не менее, использование данного алгоритма эффективно по отношению к задачам выпуклого программирования, где система условий выступает в виде достаточно простого выпуклого множества.

Среди множества современных языков программирования, одним из наиболее удобных для научных вычислений, является интерпретируемый язык Python. Язык близок с MATLAB и хорош для программирования математических вычислений. К тому же Python умеет работать с такими языками как Fortran, C и C++, которые уже широко используются в научных расчетах. Имеется большое количество модулей, написанных на Python, которые упрощают процесс вычисления (NumPy, SymPy [4] и другие).

Сочетание математического аппарата и современных информационных технологий позволяет с достаточной точностью и быстротой решать задачи на оптимизацию не только в экономике, но и в других областях.

#### Литература

1. И.В. Бейко. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. – К.: Вища школа. Головное издательство, 1983 – 512 с.
2. Интернет-учебник по курсу «Методы оптимизации» <http://kek.ksu.ru/EOS/MO/uchebnik.asp>
3. Статья «Программирование и научные вычисления на языке Python». <http://ru.wikiversity.org/wiki/>
4. Документация SymPy <http://sympy.org/en/index.html>

#### References

1. I.V. Bejko. Metody i algoritmy reshenija zadach optimizacii. Bejko I.V., Bublik B.N., Zin'ko P.N. – K.: Vishha shkola. Golovnoe izdatel'stvo, 1983 – 512 s.
2. Internet-uchebnik po kursu «Metody optimizacii» <http://kek.ksu.ru/EOS/MO/uchebnik.asp>
3. Stat'ja «Programmirovanie i nauchnye vychislenija na jazyke Python». <http://ru.wikiversity.org/wiki/>
4. Dokumentacija SymPy <http://sympy.org/en/index.html>

Овсянников М.Ю.<sup>1</sup>, Кузнецова С.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Студент 4 курса; <sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Проектирование строительных конструкций необходимо производить с использованием коэффициента запаса прочности, который учитывает случайные изменения нагрузки, дефекты конструкций при изготовлении, транспортировке и монтаже, неточности расчетов, связанные с упрощениями, неопределенными условиями и др. Для пластичных материалов коэффициент запаса определяется как отношение предельно допустимого напряжения – пределу текучести к максимальному напряжению, полученному при расчете.

**Ключевые слова:** коэффициент запаса прочности, составная неразрезная балка переменного сечения, метод сил, уравнение трех моментов, предельно допустимые напряжения.

Ovsyannikov MY<sup>1</sup>, Kuznetsova SG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>4rd year student; <sup>2</sup>PhD in technics, associate professor, Perm National Research Polytechnic University.

#### DETERMINATION OF THE SAFETY FACTOR FOR STATICALLY INDETERMINATE BEAMS OF VARIABLE SECTION

structural engineering must be made using safety factor taking into account the random variation of the load, construction defects during manufacture, transportation and assembly, inaccuracy in the calculations associated with the simplifications, uncertain conditions, and others. For ductile materials, the safety factor is defined as the ratio of the maximum allowable stress - yield stress to the maximum voltage, resulting in the calculation.

**Keywords:** safety factor, composite continuous beam of variable section, work method, equation of three moments, allowable stress.

Определим коэффициент запаса прочности в балке переменной жесткости, показанной на рис. 1, если  $\sigma_{\text{пр}} = 2400 \text{ кгс/см}^2$ .

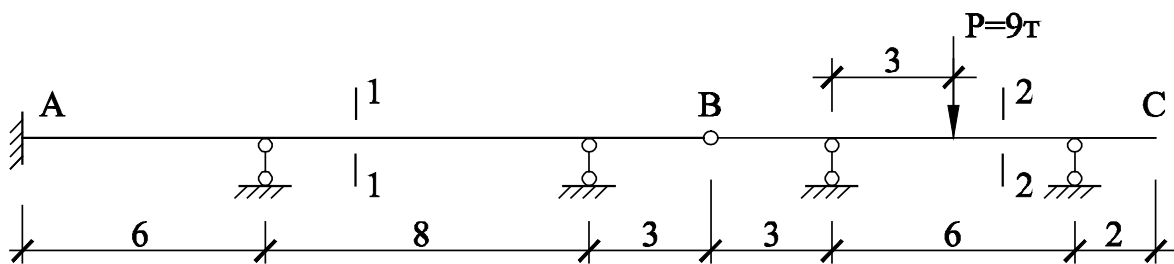


Рис. 1 - Составная балка переменного сечения

Левая часть балки А-В (сечение 1-1) выполнена из I № 27<sup>а</sup>. Правая часть В-С (сечение 2-2) – из I № 33<sup>а</sup>.

Для решения задачи используем метод сил и уравнение 3-х моментов [1].

Рассмотрим правую часть составной балки В-С (рис. 2) – передаточную балку.  $n_{\text{ст}} = 1$ .

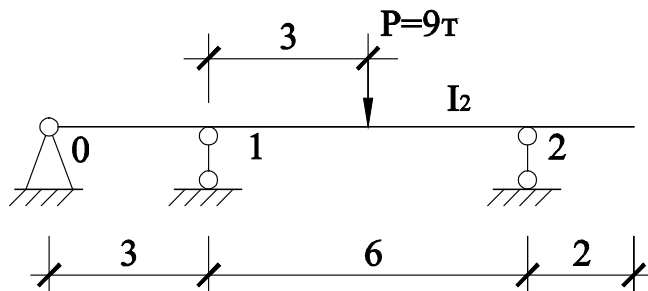


Рис. 2 - Передаточная балка В-С

Основная система метода сил изображена на рис. 3.

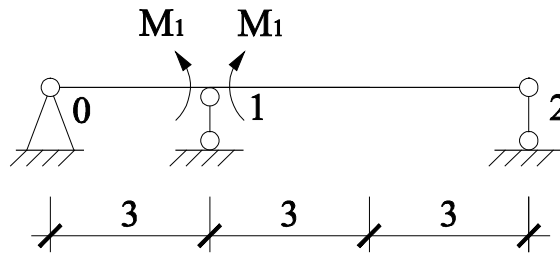


Рис. 3 - Основная система метода сил для балки В-С

Составим уравнение трех моментов относительно опоры № 1:

$$M_0 \cdot l'_1 + 2 \cdot M_1 \cdot (l'_1 + l'_2) + M_2 \cdot l'_2 = -6 \cdot \left( B_1^\phi \cdot \frac{I_0}{I_2} + A_2^\phi \cdot \frac{I_0}{I_2} \right), \quad (1)$$

где  $M_0 = M_2 = 0$ ;

$$B_1^\phi = 0, \quad A_2^\phi = \frac{F \cdot l_2^2}{16} = \frac{9 \cdot 6^2}{16} = 20,25 \text{ тс} \cdot \text{м}^2 - \text{левый и правый углы поворота сечений балки от нагрузки};$$

$$2 \cdot M_1 \cdot (l_1 \cdot \frac{I_0}{I_2} + l_2 \cdot \frac{I_0}{I_2}) = -6 \cdot A_2^\phi \cdot \frac{I_0}{I_2}, \quad (2)$$

$$2 \cdot M_1 \cdot (l_1 + l_2) = -6 \cdot A_2^\phi,$$

$$M_1 = -\frac{3 \cdot A_2^\phi}{l_1 + l_2} = -\frac{3 \cdot 20,25}{3 + 6} = -6,75 \text{ т} \cdot \text{м} \quad (3)$$

Построим эпюру изгибающих моментов  $M = M_{оп} + M_p$  балки В-С:

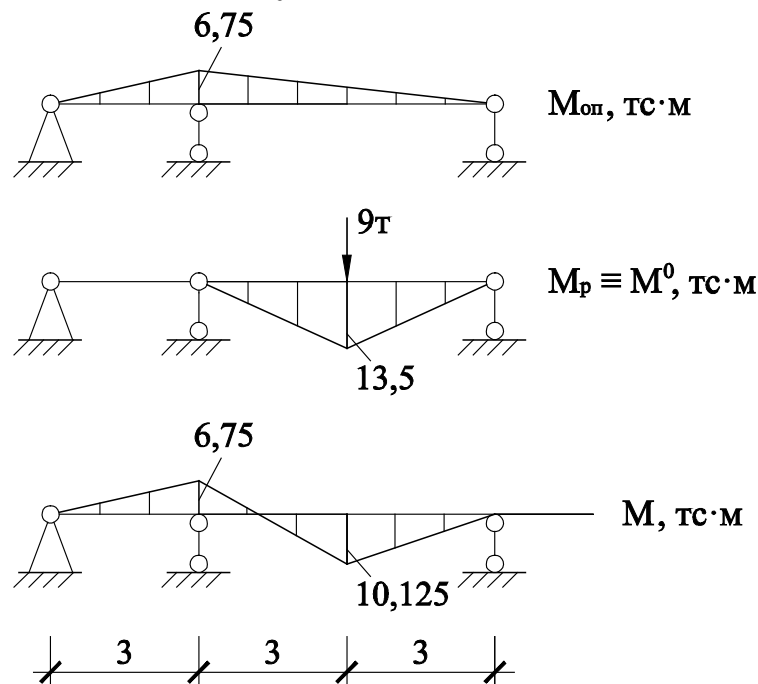


Рис. 4 - Эпюра изгибающих моментов балки В-С

Рассмотрим левую часть составной балки А-В (рис. 5) – основную балку. На основную балку давление переносится с передаточной балки в шарнире В.  $n_{ст} = 2$ .

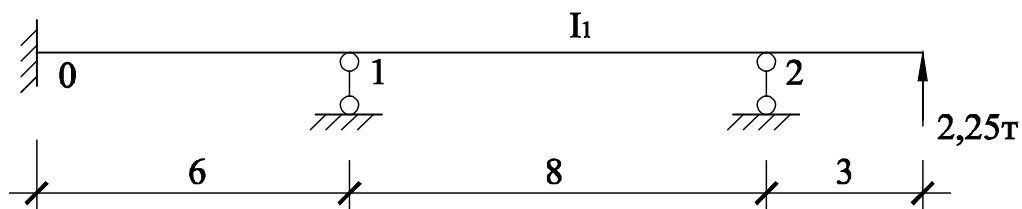


Рис. 5 - Основная балка А-В

Основная система метода сил изображена на рис. 6.

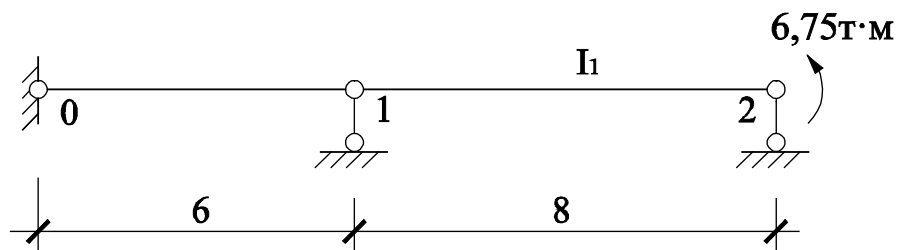


Рис. 6 - Основная система метода сил для балки А-В

Эпюру моментов (рис. 7) построим, используя метод моментных фокусных отношений. Достаточно знать левые моментные фокусные отношения

$$k_1^{лев} = 2, k_2^{лев} = 2 + \frac{l_1}{l_2} \cdot \left( 2 - \frac{1}{k_1^{лев}} \right) = 2 + \frac{6}{8} \cdot \left( 2 - \frac{1}{2} \right) = 3,125 \quad (4)$$

Тогда

$$M_1 = -\frac{M_2}{k_2^{лев}} = -\frac{6,75}{3,125} = -2,16 \text{ тс} \cdot \text{м}, \quad (5)$$

$$M_0 = -\frac{M_1}{k_1^{лев}} = \frac{2,16}{2} = 1,08 \text{ тс} \cdot \text{м} \quad (6)$$

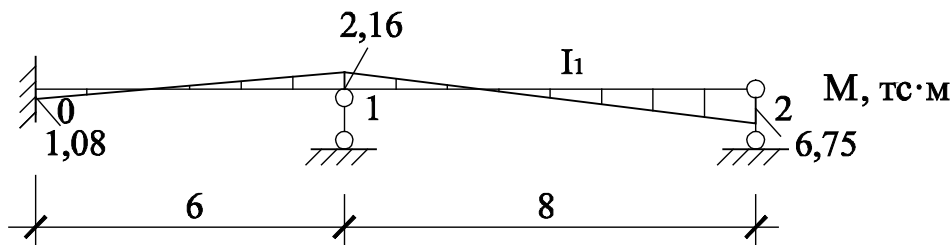


Рис. 7 - Эпюра изгибающих моментов балки А-В

Окончательная эпюра изгибающих моментов изображена на рис. 8.

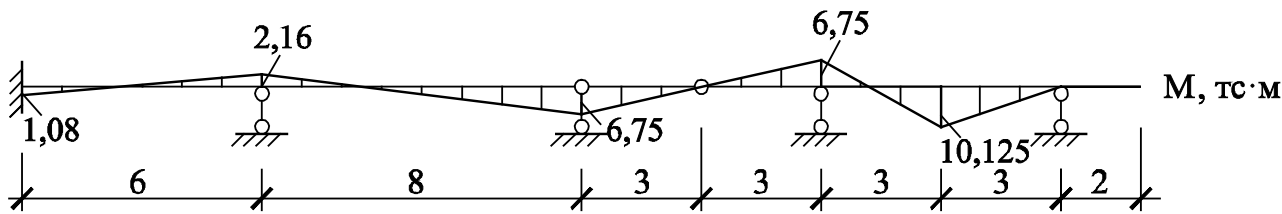


Рис. 8 - Окончательная эпюра изгибающих моментов

Максимальные напряжения в балках:

$$\sigma_1 = \frac{M_1^{\max}}{W_1} = \frac{675}{407} = 1,66 \text{ тс/см}^2, \quad \sigma_2 = \frac{M_2^{\max}}{W_2} = \frac{1012,5}{721} = 1,4 \text{ тс/см}^2 \quad (7)$$

Коэффициенты запаса:

$$k_{\text{зап},1} = \frac{\sigma_{\text{пр}}}{\sigma_1} = \frac{2,4}{1,66} = 1,45, \quad k_{\text{зап},2} = \frac{\sigma_{\text{пр}}}{\sigma_2} = \frac{2,4}{1,4} = 1,71 \quad (8)$$

Балка удовлетворяет условию прочности  $\sigma < \sigma_{\text{пр}}$ . При этом коэффициент запаса прочности составил  $k_{\text{зап}} = 1,45$  [2].

#### Литература

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика.: Учеб. для строит. спец. вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 607 с.

2. Дарков А.В., Широ Г.С. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. Изд. 4-е. «Высш. Школа», 1975. – 654 с.

#### References

1. Darkov A.V., Shaposhnikov N.N. Stroitel'naja mehanika.: Ucheb. dlja stroit. spec. vuzov. – 8-e izd., pererab. i dop. – М.: Vyssh. shk., 1986. – 607 s.

2. Darkov A.V., Shpiro G.S. Soprotivlenie materialov: Uchebnik dlja vuzov. Izd. 4-e. «Vyssh. Shkola», 1975. – 654 s.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПОРА В СИСТЕМЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОЛЬГАНГА

*Аннотация*

В статье описана работа по моделированию процесса подачи автоматического упора в системе измерительного рольганга. Разработан алгоритм управления автоматическим упором, собрана лабораторная установка для моделирования процесса подачи упора, создана модель на базе лабораторной установки и программной среды National Instruments LabVIEW 5.6, разработан экран оператора для управления процессом, проведено моделирование процесса подачи упора.

**Ключевые слова:** автоматизация, двигатель, моделирование, упор.

Smolnikov A.D.<sup>1</sup>, Petrov P.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student of Faculty of Mineral Processing, <sup>2</sup>PhD in Engineering Science, assistant professor of Department of Automation of Technological Processes and Production, National Mineral Resources University (University of Mines)

## SIMULATION OF AUTOMATIC STOP IN MEASURING ROLLER SYSTEM

*Abstract*

The article describes the simulation of process of feed of automatic stop at the measuring roller system. The algorithm of control of an automatic stop is developed, the laboratory-scale plant for simulating of process of stop feed is assembled, the model on the basis of laboratory-scale plant and software of National Instruments LabVIEW 5.6 is created, operator screen for process control is developed, model analysis of stop feed process is done.

**Keywords:** automation, motor, simulation, stop.

Наиболее распространенный тип машин для осевого перемещения прокатываемого материала – рольганг – транспортер, на котором прокатываемая полоса перемещается по вращающимся роликам [3]. В основном, эти машины используются для перемещения насыпных грузов (контейнеров, поддонов, ящиков, коробок, паллет) и длинномерных грузов (металлопрокат, пиломатериалы, бруски и т.д.). На данных транспортерах устанавливают специальное устройство, предназначенное для нарезки профиля необходимой длины, называемое упором.

В настоящее время на линиях по нарезке алюминиевого профиля в большинстве случаев не используют автоматические упоры для установления точной длины отрезаемого материала. При таком подходе нельзя добиться высокого качества и точности отрезаемых профилей. Даже если использовать для этих целей упор с ручной подачей, то из-за человеческого фактора, люфта упорного механизма, случайных внешних воздействий сложно добиться хорошей точности. Тем более точность резко ухудшается, когда упорный механизм не используется вообще, например, при измерении с помощью линейки вдоль края рольганга. Поэтому необходимо использовать систему автоматического упора для рольганга, на котором производится нарезка алюминиевого профиля.

Данная система обладает следующими преимуществами [1]:

1. минимизация влияния человеческого фактора на процесс;
2. надежный тормозной механизм, обеспечивающий жесткую фиксацию упора в одном положении;
3. ускорение процесса нарезки профиля путем более быстрого перемещения упора в сравнении с ручным приводом;
4. уменьшение отходов за счет точности производимых измерений;
5. возможность настройки программы под определенные задачи.

Приобретение готового станка с встроенной системой автоматического упора – наиболее простое и быстрое, но не самое дешевое решение. Обычно так поступают при проектировании нового производства или же при полной замене старого оборудования на современное. Наше предложение заключается в модернизации оборудования, что, несомненно, намного выгоднее в цене.

При разработке системы автоматического упора нужно решить следующие вопросы:

1. выбор типа механической передачи;
2. выбор типа двигателя;
3. расчет параметров необходимого двигателя;
4. выбор интерфейса управления двигателем;
5. написание программы для управления двигателем;
6. разработка визуального интерфейса для задания координат и других параметров для упора.

В качестве механической передачи была выбрана зубчатая рейка, так как она обладает достаточной точностью и может обеспечить большую скорость перемещения чем, к примеру, шарико-винтовая передача.

Исходя из типовых решений в данной сфере, было принято решение выбрать в качестве двигателя – шаговый (ШД). Он обеспечивает достаточную точность позиционирования, не нуждается в системе обратной связи, а также им относительно просто управлять.

Основные параметры ШД. Это [4]:

1. количество шагов на оборот
2. сила тока в обмотках фаз
3. развиваемый момент двигателя

В качестве программы для управления двигателем и средства визуальной среды для экрана оператора был выбран программный пакет: National Instruments LabVIEW 5.6 [2].

На рисунке 1 представлена функциональная схема взаимодействия элементов системы управления упором.

Как видно из схемы, оператор на своей панели вводит необходимую длину заготовки. Информация поступает на драйвер шагового двигателя. Драйвер вырабатывает необходимое количество импульсов для перемещения на заданное расстояние. Двигатель приводится в движение, и так как шестерня с рейкой находятся в зацеплении, упор перемещается по линейной направляющей на необходимую величину.



Рис. 1 - Функциональная схема

Было принято решение смоделировать управление ШД при помощи следующего лабораторного оборудования:

1. Шаговый двигатель Pittman 9232S003-R1;
2. Драйвер ШД MID-7654;
3. Плата коммутации PXI 7350;
4. Программное обеспечение NI LabVIEW 5.6.

На графическом языке программирования с помощью библиотеки «Motion» была написана программа по управлению шаговым двигателем. Преимущество пакета LabVIEW заключается в том, что одновременно с написанием программы разрабатывается и визуальный интерфейс [2]. На рисунке 2 представлен листинг программы в пакете LabVIEW.

Программа изначально выполняет инициализацию двигателя, выбор режимов работы и перемещения. После этого необходимо указать необходимый размер заготовки. Эти действия производятся на экране оператора (Front panel). Также на экране оператора можно задавать скорость перемещения в «шагах в секунду». После достижения необходимой координаты производится остановка двигателя. Кнопка «Home» нужна для обозначения позиции базы (сброса координат в ноль). Кнопка «Stop» нужна для остановки выполнения программы. Данный алгоритм относительно прост, но эффективен. Он способен справляться с необходимыми нам функциями.

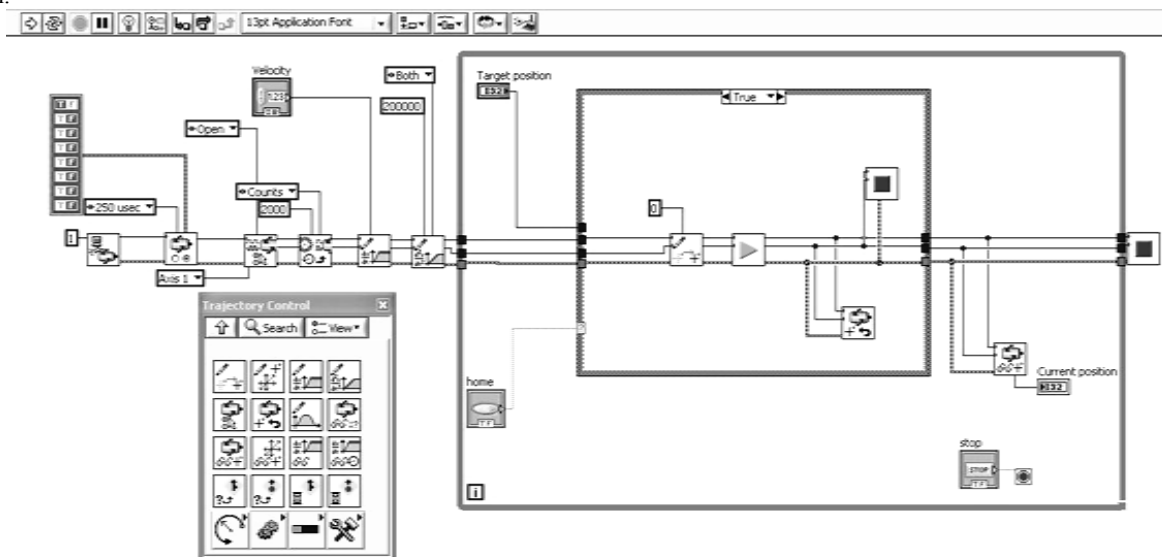


Рис. 2 – Листинг программы в LabVIEW

На рисунке 3 показан внешний вид экрана оператора. На нём размещены поля для ввода скорости и необходимой координаты, кнопки Home и Stop, о которых говорилось ранее и шкала с риской, визуально отображающая текущее положение упора.



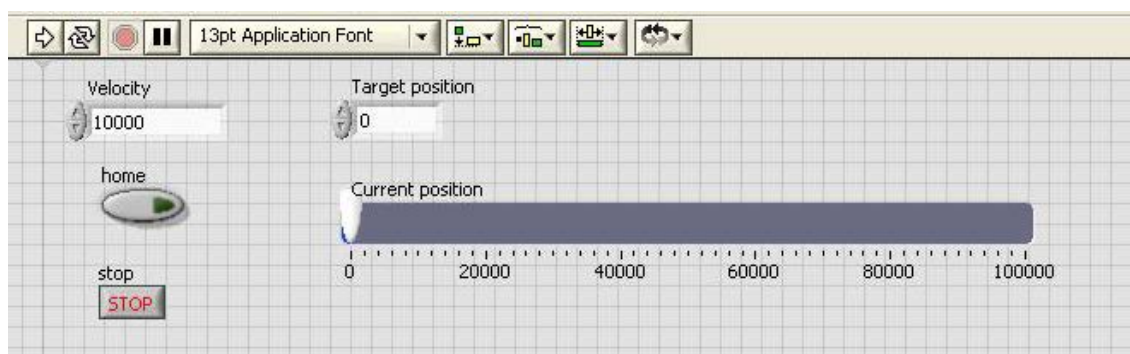


Рис. 3 – Экран оператора

Таким образом, в процессе разработки системы автоматического упора были решены следующие задачи:

1. проанализированы существующие готовые решения в сфере автоматизированных систем подачи упора;
2. предложены решения по модернизации рольганга с внедрением системы автоматического упора;
3. собрана лабораторная установка по моделированию процесса автоматизированной подачи упора;
4. проведено моделирование процесса подачи упора

Моделирование процесса автоматической подачи упора необходимо для предвосхищения ошибок, которые могут произойти при внедрении системы. Также можно тестировать работу двигателя в разных режимах работы и пробовать на модели разные варианты программы управления. В ходе дальнейшей работы будет собрана лабораторная установка с физическим упором и столом, вместо их компьютерной модели, для последующего внедрения на предприятия.

#### Литература

1. Автоматизация оконного производства и бизнеса [Электронный ресурс]. URL: <http://wise-service.com.ua/> (дата обращения: 17.02.2015).
2. Джеффри Тревис. LabVIEW для всех: Пер. с англ. Клушин Н.А.-М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544с.
3. Петров И.Н. Конструкции и расчет рольгангов прокатных станков: Свердловск, 1967. – 37 с.
4. Расчет мощности шагового двигателя [Форум]. URL: <http://forum.rcdesign.ru/f110/thread145751/> (дата обращения: 15.01.2015).

#### References

1. Avtomatizaciya okonnogo proizvodstva i biznesa [Elektronnyj resurs] URL: <http://wise-service.com.ua/> (data obrashheniya 17.02.2015).
2. Dzeffri Trevis. LabVIEW dlya vseh: Per. S angl. Klushyn N. A. – M.:DMK Press; Pribor Komplekt, 2005. – 544s.
3. Petrov I.N. Konstrukcii i raschet rolgangov prokatnyh stanov: Sverdlovsk, 1967. – 37 s.
4. Raschet moschnosti shagovogo dvigatelja [Forum]. URL: <http://forum.rcdesign.ru/f110/thread145751> (data obrashheniya 15.01.2015)

Зайцева Н.А.<sup>1</sup> Пырскова А.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доцент кафедры строительных конструкций, водоснабжения и водоотведения; <sup>2</sup>студентка гр.ВВб-121, Кузбасский государственный технический университет

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

#### Аннотация

В данной статье рассмотрена проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) и предлагаются пути ее решения. Анализ химического состава ОСВ сооружений канализации г. Кемерово и сравнение результатов с требованиями ГОСТ доказывает возможность использования их в качестве азотно-фосфорного удобрения.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, утилизация осадков, использование осадков сточных вод, Кемерово.

Zaitseva N. A.<sup>1</sup>, Pirsikova A. N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor of building structures, water supply and canalization; <sup>2</sup>Student of VVb-121, Kuzbass state technical university

#### THE USE OF SEWAGE SLUDGE AS FERTILIZER

#### Abstract

The article considers the problem of disposing of sewage sludge and proposes solutions to this problem. Analysis of the chemical composition of the sewage sludge sewerage structures Kemerovo and comparing the results with the requirements of GOST proves the possibility of using them as a nitrogen-phosphorus fertilizer.

**Keywords:** sewage sludge, waste sewage sludge, the use of sewage sludge.

Вопросы обработки и утилизации осадков бытовых и производственных сточных вод остро актуальны для всех крупных водоканалов нашей страны и представляют серьезную проблему. Каждый год в России образуется порядка 2 млн. тонн осадков по сухому весу (а при исходной влажности 98% их масса составляет порядка 100 млн. тонн). Накапливаясь вблизи очистных сооружений на иловых площадках, заполняя очистные сооружения и водоемы, переполняя пруды-накопители, осадки формируют крупные очаги загрязнения прилегающих территорий, поверхностных и подземных вод, так как воздействие мест накопления ОСВ на окружающую среду часто превышает установленные ПДК [3].

Перспективным и недорогим методом утилизации ОСВ является использование осадков городских сточных вод в качестве органоминерального азотно-фосфорного удобрения. Было установлено, что осадки содержат макро- и микроэлементы, необходимые для питания растений и повышения плодородия почв. Осадки сточных вод, независимо от их вида, оказывают существенное влияние на показатели потенциального плодородия почвы. Происходит снижение почвенной кислотности, возрастает насыщенность почвы основаниями. Под влиянием ОСВ заметно улучшаются пищевой режим почвы, особенно азотный и фосфорный, биологическая активность [3]. Так, 10 млн. тонн ОСВ по содержанию сухого вещества, основных элементов питания растений и удобрительной ценности равноценны примерно 50 млн т навоза [2].

В настоящее время в России нет ни одной организации, которая отвечала бы за утилизацию отходов в регионах, в связи с этим в стране перерабатывается только 10% ОСВ, из которых в качестве удобрений используют не более 4-6%. В это время зарубежный опыт свидетельствует, что 70-80% ОСВ можно использовать в качестве удобрения, при этом значительно увеличивается продуктивность выращиваемых культур [3]. Причиной, сдерживающими использование осадков, являются их высокая влажность, трудность удаления с иловых площадок, недостаточное количество и несовершенство механизмов и транспортных средств для уборки осадков, а также содержание в них солей тяжелых металлов и наличие патогенной микрофлоры. Поэтому необходимыми

условиями подготовки ОСВ к утилизации в качестве удобрения являются ограничение приема в городскую канализацию токсичных производственных сточных вод, содержащих тяжелые металлы и их обеззараживание [4]. Отечественный и зарубежный опыт использования осадка сооружений биологической очистки сточных вод свидетельствует о перспективности способа его утилизации в качестве удобрения при отсутствии токсичных примесей, в частности, соединений тяжелых металлов. В Германии, например, из 50 млн.т ежегодно образующихся осадков в качестве удобрения используется примерно 30 %, депонируется до 60 % и сжигается не более 10%. В Нидерландах, при ежегодном количестве 5,5 млн.т ила до 70 % используется в качестве удобрения. Определенный опыт такой утилизации имеется в Швейцарии, Индии и других странах. [5]

Проблема утилизации осадков бытовых и производственных сточных вод требует решения и в городе Кемерово. На городских канализационных сооружениях только за месяц образуется 1,5 тыс.м<sup>3</sup> осадков. Для дегельминтизации (обеззараживания) осадков, что является обязательным условиями подготовки ОСВ к утилизации в качестве удобрения, на стадии поступления сточных вод на решетки, вводят растительный овицидный препарат Purolat-Bingsti, эффективность которого достигает 99%.

На основании заключения о качестве иловых осадков с городских очистных сооружений г. Кемерово, высушенные осадки представляют собой массу, близкую по свойствам к низкокалорийному топливу (теплота сгорания в среднем 2500 ккал/кг). В связи с этим, в 2004 году был предпринят опыт сжигания осадка на ТЭЦ, который не нашел свое применение в дальнейшем.

Был проанализирован состав осадков (таб. 1)

Таблица 1 - Химический состав осадка с иловых карт очистных сооружений г. Кемерово и допустимые значения показателей свойств ОСВ при использовании их для удобрения и рекультивации земель.

Наименование показателя	Значение	Допустимое значение по ГОСТ Р 54534-2011
Класс опасности для окружающей среды	V	IV, V
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	35	35
Массовая доля золы, % на сухое вещество, не менее	66,0/23,1	65
Массовая доля азота, % на сухое вещество, не менее	0,9/0,32	0,5
Массовая доля фосфора, % на сухое вещество, не менее	3,1/1,1	1,5
Ртуть, мг/кг сухого вещества, не более	10,8/0,0011	15
Хром, мг/кг сухого вещества, не более	420,0/0,0147	1000
Свинец, мг/кг сухого вещества, не более	119,0/0,0042	500
Кадмий, мг/кг сухого вещества, не более	34,2/0,0012	30
Никель, мг/кг сухого вещества, не более	118,0/0,0041	400
Медь, мг/кг сухого вещества, не более	605,0/0,212	1500
Цинк, мг/кг сухого вещества, не более	1910,0/0,669	3500
Мышьяк, мг/кг сухого вещества, не более	5,36/0,0002	20
Химическое потребление кислорода (ХПК <sub>5</sub> ) водной вытяжки, мг/дм <sup>3</sup> , не более	225	300
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> ) водной вытяжки, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> , не более	130	200
Бактерии группы кишечной палочки, индекс	<1	100
Патогенные микроорганиз., в т.ч. сальмонеллы, клеток/г	Не обнаруж.	Отсутствие
Жизнеспособные яйца гельминтов и цисты простейших	Не обнаруж.	Отсутствие
Наличие жизнесп. личинок и куколок синантропных мух	Не обнаруж.	Отсутствие

В соответствии с «экологическим сертификатом (дата выдачи 15.12.2013г), осадки сточных вод очистных сооружений канализации г.Кемерово, обезвоженные и выдержанные на иловых площадках в течение 2-3 лет относятся к V классу опасности.» К данному классу опасности относятся отходы, которые являются малоопасными для окружающей среды. Несколько лет назад осадкам городских очистных сооружений г. Кемерово присваивался II класс, но в связи с закрытием ряда городских промышленных предприятий, класс опасности снизился до V.

Из проведенной таблицы, следует, что, в соответствии с ГОСТ Р 54534-2011 осадки с городских очистных сооружений г. Кемерово рекомендуется использовать в качестве почвогрунтов в зеленом строительстве при посадке деревьев и кустарников, формировании газонов и клумб, при проведении работ по благоустройству; в дорожном строительстве при благоустройстве и задернении придорожного полотна и высадке зеленых насаждений; в питомниках лесных и декоративных культур; для биологической рекультивации полигонов ТБО, полигонов промышленных отходов, неорганизованных свалок. Также разрешается размещать неиспользованные осадки на полигонах ТБО (территория бытовых отходов) и полигонах промышленных отходов [1].

В настоящее время осадки по договору вывозятся на ТБО.

Использование ОСВ в качестве органоминерального удобрения является наиболее перспективным методом, так как при сжигании и захоронении происходит неоправданное уничтожение органического вещества. Однако для эффективной и безопасной утилизации ОСВ в качестве удобрения необходим комплексный подход к поиску оптимального решения. Вопрос утилизации осадков при обработке сточных вод является не самой простой задачей, но необходимость сохранения здоровой экологической обстановки нашей страны должна привести к выбору и внедрению безопасных и экономически выгодных методов утилизации осадков.

#### Литература

1. ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. //Госстандарт России, 2001. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9201/index.htm> (дата обращения 15.04.2013).
2. Евилевич А.З. Осадки сточных вод. Удаление, обработка, использование. М.: Госстройиздат, 1954 – 226с.
3. Чемерис, М.С. Экологические основы утилизации осадков городских сточных вод (на примере мегаполиса г. Новосибирска) [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук (03.00.16) / Чемерис Марина Сергеевна; ФГОУ ВПО Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2006.
4. Утилизация осадков сточных вод [Электронный ресурс] URL: <http://engineeringsystems.ru/u/utilizacia-osadkov-stochnih-vod.php> (дата обращения 05.03.2015)
5. Krause R. Технология утилизации канализационных осадков в сельском хозяйстве //Korrespond. Abwasser. – 1986 – 33. №8. – с.696-672.

## References

1. GOST R 17.4.3.07–2001. Ohrana prirody. Pochvy. Trebovaniya k svojstvam osadkov stochnyh vod pri ispol'zovanii ih v kachestve udobrenij. //Gosstandart Rossii, 2001. [Elektronnyj resurs] — Rezhim dostupa. — URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/9/9201/index.htm> (data obrashhenija 15.04.2013).
2. Evilevich A.Z. Osadki stochnyh vod. Uдалenie, obrabotka, ispol'zovanie.. M.: Gosstrojizdat, 1954 – 226s.
3. Chemeris, M.S. Jekologicheskie osnovy utilizacii osadkov gorodskih stochnyh vod (na primere megapolisa g. Novosibirska) [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. dokt. biol. nauk (03.00.16) / Chemeris Marina Sergeevna; FGOU VPO Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Novosibirsk, 2006.
4. Utilizacija osadkov stochnyh vod [Elektronnyj resurs] URL: <http://engineeringsystems.ru/u/utilizacia-osadkov-stochnih-vod.php> (data obrashhenija 05.03.2015)
5. Krause R. Tehnologija utilizacii kanalizacionnyh osadkov v sel'skom hozjajstve //Korrespond. Abwasser. – 1986 – 33. №8. – s.696-672.

**Пякилья Б.И.**

Аспирант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Аннотация*

*В статье предложен метод получения математической модели объекта на примере решения задачи идентификации управляемой мехатронной системы. В основе метода лежит использование вещественного интерполяционного преобразования.*

**Ключевые слова:** передаточная функция, робот, мехатронная система, идентификация, линейная система, преобразование Лапласа.

**Pyakillya B.I.**

Postgraduate student, National Research Tomsk Polytechnic University

### **EXPERIMENTAL BUILDING OF MECHATRONIC SYSTEM'S MATHEMATICAL MODEL**

*Abstract*

*In this paper a method of building the mathematical models in case of mechatronic system identification is presented. The method is based on real interpolation transform.*

**Keywords:** transfer function, robot, mechatronic system, system identification, linear system, Laplace transform.

статья изъята

статья изъята

Щеголев А. В.<sup>1</sup>, Сердюк А. И.<sup>2</sup>, Сергеев А. И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Директор ЗАО «Механический завод», <sup>2</sup> Доктор технических наук, <sup>3</sup> Кандидат технических наук, Оренбургский государственный университет

# ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СВЕРТКИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

*Аннотация*

В статье рассмотрено исследование влияния коэффициента трения между матрицей и пуансоном на процесс свертки кружка в деталь типа «стакан». Показано изменение степени разрушения материала при увеличении коэффициента трения.

**Ключевые слова:** трение, свертка, глубокая вытяжка.

Shhegolev A. V.<sup>1</sup>, Serdjuk A. I.<sup>2</sup>, Sergeev A. I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CJSC “Mechanical plant”, <sup>2</sup> Doctor of Technical Sciences, <sup>3</sup> Candidate of Technical Sciences, Orenburg State University  
**DETECTION OF A DEPENDENCE OF PROCESS PARAMETERS FROM THE CONVOLUTION COEFFICIENT OF FRICTION**

*Abstract*

In the article explores the influence of the coefficient of friction between the die and the punch is in the process of convolution mug in detail such as "glass". Shows the change in the degree of destruction of the material with increasing coefficient of friction.

**Keywords:** friction, convolution, deep drawing.

В процессах обработки металлов давлением силы трения оказывают значительное воздействие на конечный результат. В вытяжных операциях стремятся снизить коэффициент трения применением различных видов смазок. В работе [1] отмечено, что хорошие результаты достигаются при использовании смазок с наполнителями (графит, мел), при этом коэффициент трения составляет 0,06-0,1. При проведении натурных экспериментов на Механическом заводе использовались различные марки и типы смазок. В итоге лучшие показатели получены при использовании фосфатирования трущихся поверхностей с последующей обработкой мыльной эмульсией. Фосфатирование создает на поверхности металла пористый слой, который впитывает смазку, что позволяет ей долго оставаться в зоне контакта инструмента и заготовки. Помимо трения на результат операции влияют свойства материала [2], характеристики инструмента и заготовки [3], параметры технологического процесса.

При проведении вычислительного эксперимента коэффициент трения между матрицей и заготовкой изменялся в диапазоне от 0,01 до 0,15. После выполнения каждого цикла моделирования фиксировались максимальные значения следующих показателей: а) показатель разрушения; б) эффективная степень деформации, мм/мм; в) действительная скорость деформации, (мм/мм)/с; г) действительные напряжения, МПа; д) максимальное действительное напряжение, МПа; е) полная скорость, мм/с.

Показатель разрушения определяет степень повреждения каждого элемента и может быть использован для прогнозирования разрушения в операциях холодной штамповки. Разрушение возникает, когда коэффициент повреждения материала достигает критического значения, которое определяется с помощью физического эксперимента. Показатель разрушения определяется [4] как

$$D_f = \int \frac{\sigma^*}{\sigma} d\epsilon,$$

где  $\sigma^*$  - предел максимального главного напряжения, МПа;  $\sigma$  - эффективное напряжение, МПа;  $d\epsilon$  - эффективное увеличение деформации.

График изменения показателя разрушения представлен на рисунке 1. Из графика видно, что резкий рост показателя начинается при значении коэффициента трения 0,12.

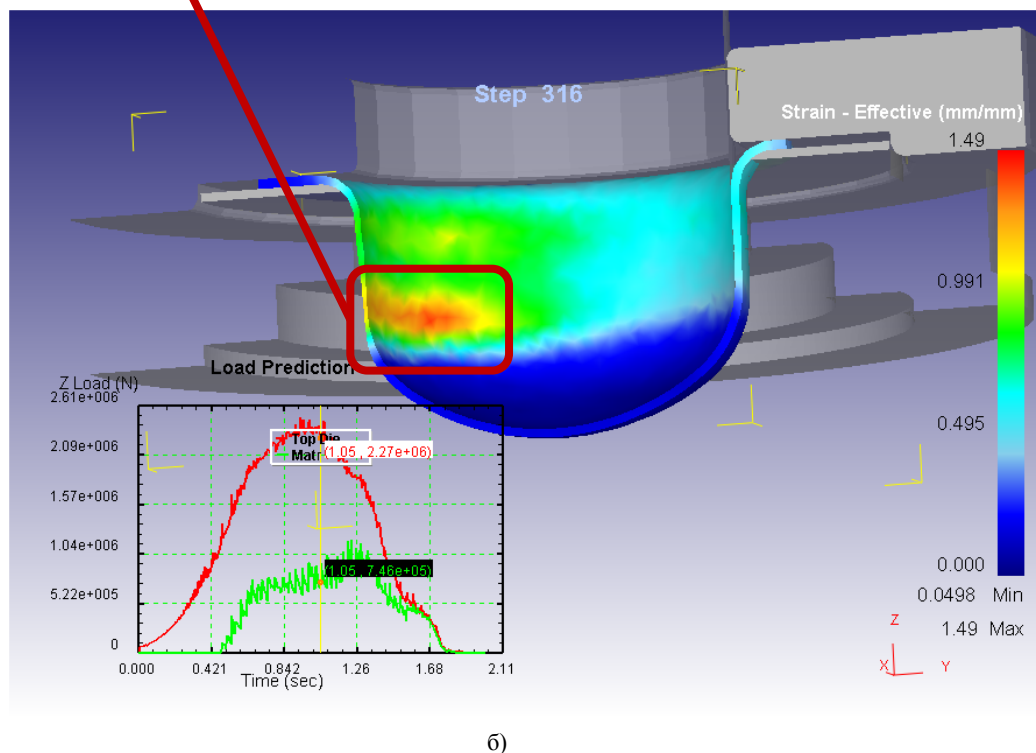
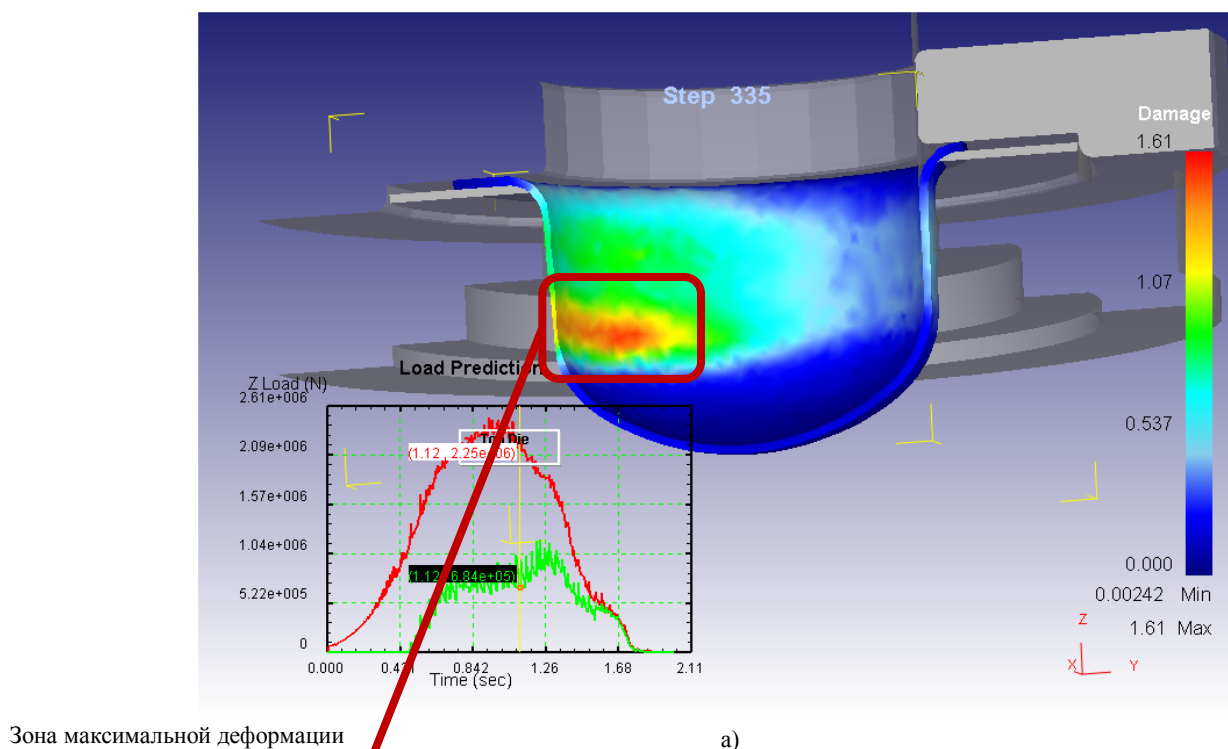


Рис. 1 – Зависимость показателя разрушения от коэффициента трения

При данном коэффициенте трения средняя толщина стенки баллона составила 4,89 мм, разнотолщинность – 1,45 мм, толщина дна – 5 мм. Таким образом, значения толщины стенки при данном коэффициенте трения значительно хуже, чем полученные с коэффициентом трения 0,06 (средняя толщина стенки баллона – 5,33 мм, разнотолщинность – 0,61 мм, толщина дна – 5,3 мм).

На рисунке 2 показаны этапы свертки в разрезе на шагах, соответствующих максимальным значениям выбранного показателя – показателя разрушения и эффективной степени деформации при значении коэффициента трения 0,15.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о нецелесообразности дальнейшего проведения эксперимента так как значения, полученные при коэффициенте трения 0,12, уже не соответствуют требованиям проектной документации. Таким образом, для обеспечения выполнения требований качества заготовки необходимо стремиться к снижению коэффициента трения до значения 0,06.



а – этап свертки, соответствующий достижению максимального значения показателя разрушения,  
б - этап свертки, соответствующий достижению максимального значения эффективной степени деформации  
Рис. 2 - Экранные формы с результатами моделирования

#### Литература

1. Крагельский, И. В. Коэффициенты трения : справочное пособие / И. В. Крагельский, И. Э. Виноградова. – М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962 г. – 220 с.

2. Лысов, В.А. Графоаналитическое моделирование динамики механических свойств металлов в технологических процессах изготовления глубокой вытяжкой / В.А. Лысов, А.И. Сердюк, О.В. Шевченко, А.В. Щеголев // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2012. № 4. С. 46-53.

3. Щеголев, А.В. Автоматизация расчетов кружка для операции глубокой вытяжки / Щеголев А.В., Овечкин М.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: [www.science-education.ru/120-15632](http://www.science-education.ru/120-15632) (дата обращения: 09.02.2015).

4. DEFORMTM 3D Version 6.1 (sp1) / User's Manual. – Ohio : Scientific Forming Technologies Corporation, 2007. – 398 p.

#### References

1. Kragel'skij, I. V. Koefficienty trenija : spravochnoe posobie / I. V. Kragel'skij, I. Je. Vinogradova. – M. : Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo mashinostroitel'noj literatury, 1962 g. – 220 s.

2. Lysov, V.A. Grafoanaliticheskoe modelirovanie dinamiki mehanicheskikh svojstv metallov v tehnologicheskikh processah izgotovlenija glubokoj vytjazhkoj / V.A. Lysov, A.I. Serdjuk, O.V. Shevchenko, A.V. Shhegolev // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2012. № 4. S. 46-53.

3. Shhegolev, A.V. Avtomatizacija raschetov kruzha dlja operacii glubokoj vytjazhki / Shhegolev A.V., Ovechkin M.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 6; URL: [www.science-education.ru/120-15632](http://www.science-education.ru/120-15632) (data obrashheniya: 09.02.2015).

4. DEFORMTM 3D Version 6.1 (sp1) / User's Manual. – Ohio : Scientific Forming Technologies Corporation, 2007. – 398 p.

**Панченко Л.А.<sup>1</sup>, Серых И.Р.<sup>1</sup>, Юрьев А.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент; <sup>2</sup>Доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

#### НАПРЯЖЕНИЯ В ТРУБОФИБРОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

#### Аннотация

*Изложены основы расчета изгибаемых трубофибробетонных элементов. Предусмотрена труба из полимеров, армированных стеклянными или углеродными волокнами. Эти же волокна используются для армирования бетонного ядра. Выведены формулы напряжений в ядре и трубе.*

**Ключевые слова:** трубофибробетон, изгибаемый элемент, нормальные напряжения.

**Panchenko L.A.<sup>1</sup>, Serych I.R.<sup>1</sup>, Yuriev A.G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Technical Sciences, docent; <sup>2</sup>Doctor of Technical Sciences, professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

#### STRESSES IN BENDED TUBE AND FIBER REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

#### Abstract

*The paper reports on calculation bases of bended tube and fiber reinforced concrete elements. The tube from fiber reinforced polymer is provided for. The same glass and carbon fibers are used for concrete kernel reinforcing. The formulas for stresses in kernel and tube were formulated.*

**Keywords:** tube and fiber reinforced concrete, bended element, normal stress.

Трубобетон представляет собой композиционный материал, для которого довольно трудно построить математическую модель, например, установить эффект обоймы в результате расчета по методу конечных элементов. Поэтому важную роль при его изучении играют экспериментальные исследования.

Основной причиной повышенной прочности бетона в трубе является его боковое обжатие, препятствующее развитию растяжения в поперечном направлении. Повышение несущей способности трубобетонного элемента обеспечивается как за счет прочности характеристик бетона ядра, так и за счет композиции оболочки. Надо полагать, что оптимальное решение предусматривает одновременный рост процесса микротрещинообразования и разрушения бетона ядра и предельное состояние материала оболочки.

Экспериментальные исследования показывают, что в заполненных бетоном стальных трубах наблюдается довольно слабое сцепление между бетоном и оболочкой. Существуют две причины такого явления. Во-первых, бетон в большом диапазоне напряжений имеет меньший коэффициент Пуассона, чем сталь, и, следовательно, отделяется от трубы, когда оба материала испытывают продольную деформацию. Во-вторых, усадка бетона вызывает расслаивание на границе контакта двух материалов при любом нагружении. В результате выход из строя трубобетонных элементов вызывается отдельными факторами (текучестью стали, дроблением бетона) [1, 2].

Эти недостатки преодолеваются использованием полимеров, армированных волокнами, то есть устройством стеклопластиковой или углепластиковой обоймы. Увеличение прочности бетона достигается фибровым армированием. Получили распространение стеклянные и углеродные волокна.

Поскольку сжатые элементы с такого рода ядром и обоймой подробно рассмотрены в работе [3], остановим внимание на изгибаемых элементах.

В качестве исследуемого объекта выберем балку на двух шарнирных опорах, несущую симметричную нагрузку в виде двух сосредоточенных сил, то есть имеющую область чистого изгиба. Обоймой служит труба квадратного сечения (рис. 1,а).

Существует приближенное представление, основанное на упрощенном предположении формы эпюры нормальных напряжений в растянутой зоне балки после образования трещин. На рис. 1,б показана эпюра напряжений, типичная для цементоволокнистого композита в раннем возрасте после образования трещин, когда при постоянной нагрузке волокна растягиваются или вытягиваются сквозь трещины по всей растянутой области. Предел прочности на растяжение после образования трещин  $\sigma_{ci}$  вычисляется по формуле (2.13) [3], а  $\sigma_c$  есть напряжение сжатия на другой стороне балки. На рис. 1,в представлена эпюра напряжений в обойме, материал которой подчиняется закону Гука вплоть до разрушения.



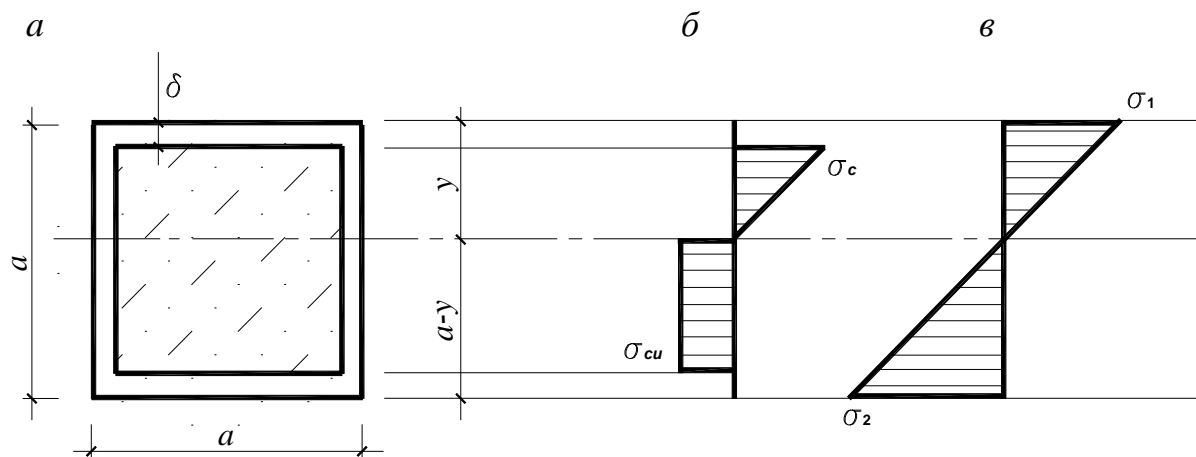


Рис. 1 - Напряжения в изгибаемом трубофибробетонном элементе:  
 а – поперечное сечение; б – эпюра напряжений в фибробетоне;  
 в – эпюра напряжений в обойме

Используя гипотезу плоских сечений, установим зависимости между напряжениями  $\sigma_c$  и  $\sigma_1$  ( $\sigma_2$ ):

$$\sigma_1 = \sigma_c \frac{E}{E_c}, \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \sigma_c \frac{E}{E_c} \frac{a-y}{y}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль продольной упругости материала обоймы;  $E_c$  – модуль деформации фибробетона;  $y$  – расстояние от нейтральной оси до верхнего волокна сечения.

Для определения неизвестных  $y$  и  $\sigma_c$  используем уравнения равновесия:  $\sum X = 0$ ,  $\sum M = 0$ , то есть

$$\sigma_{cu} a(a-y) - \frac{1}{2} \sigma_c a y + \sigma_c \frac{E}{E_c} \frac{a-y}{y} \delta \left[ a + \frac{1}{2}(a-y) \right] - \sigma_c \frac{E}{E_c} \delta \left( a + \frac{1}{2} y \right) = 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \sigma_{cu} a(a-y) \frac{a-y}{2} + \frac{1}{2} \sigma_c a y \cdot \frac{2}{3} y + \sigma_c \frac{E}{E_c} \frac{a-y}{y} \delta \left[ a(a-y) + \frac{1}{3}(a-y)^2 \right] + \\ & + \sigma_c \frac{E}{E_c} \delta \left( a y + \frac{1}{3} y^2 \right) = M, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $M$  – изгибающий момент в сечении балки.

При записи формул (3) и (4) в связи с тем, что  $a \gg \delta$ , допущены упрощения, существенно не влияющие на точность расчета.

Если полученные напряжения  $\sigma_c$  или  $\sigma_2$  превышают их допускаемые величины, следует провести корректировку фибрового армирования соответственно материала ядра или материала обоймы.

За пределами области чистого изгиба балки имеют место поперечные силы и касательные напряжения, которые в данной работе не рассматриваются, как и нормальные напряжения на оси  $y$ .

Вариационная многопараметрическая задача оптимизации проектного решения может быть осуществлена на основе энергетического критерия [4]. К числу варьируемых параметров относятся размеры обоймы и механические характеристики используемых материалов.

#### Литература

1. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – Киев.: Будівельник, 1978. – 80 с.
2. Адамян И.Р. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусев прямоугольного поперечного сечения с составной обоймой при сжатии и изгибе: дис. канд. техн. наук. – Белгород, 2000. – 157 с.
3. Панченко Л.А. Строительные конструкции с волокнистыми композитами. – Белгород: изд-во БГТУ, 2013. – 184 с.
4. Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – 90 с.

#### References

1. Storozhenko L.I. Trubobetonnye konstruksii. – Kiyev.: Budivelnik, 1978. – 80 s.
2. Adamyan I.R. Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye stalebetonnykh brusyev pryamougolnogo poperechnogo secheniya s sostavnoy oboymoy pri szha-tii i izgibe: dis. kand. tekhn. nauk. – Belgorod, 2000. – 157 s.
3. Panchenko L.A. Stroitelnye konstruksii s voloknistymi kompozitami. – Belgorod: izd-vo BGTU, 2013. – 184 s.
4. Yuryev A.G. Variatsionnye printsipy stroitelnoy mekhaniki. – Belgorod: BelGTASM, 2002. – 90 s.

Тюрин С. Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Работа выполнена при поддержке *Fostering Innovations on Green Computing and Communications TEMPUS GreenCo project*  
«Технологии зеленых вычислений»

Project Number: 530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR

Grant Holder: University of Newcastle upon Tyne (UK)

## АНАЛИЗ ЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ГИСТЕРЕЗИСНОГО ТРИГГЕРА

### Аннотация

В статье рассмотрен гистерезисный триггер (Г-триггер) или С-элемент Маллера, фиксирующий завершение переходного процесса в так называемых самосинхронных схемах (СмСхСх). СмСхСх рассматриваются как один из перспективных вариантов энергосберегающей «зелёной» логики, работающей на ультранизких напряжениях питания. Получаются логические функции КМОП реализации Г-триггера. Выполняется моделирование в системе схемотехнического моделирования NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group. Использование полученных результатов на занятиях по математической логике и схемотехнике в технических вузах способствует продвижению технологий «Гринкомпьютинга». Результаты описанного моделирования включены в разработанную программу подготовки аспирантов (PhD) по проекту TEMPUS.

**Ключевые слова:** Г-триггер, самосинхронная схема, переходный процесс, индикатор, КМОП - реализация, NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group.

Tyurin S.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, Perm National Research Polytechnic University

## LOGICAL ANALYSIS MULLER C-ELEMENT

### Abstract

The article discusses the Muller C-element. C-element fixing the completion of the transition process in the so-called self-timed circuits (STC). Gets a Boolean function for CMOS implementation of the C-element. Describes the modeling element in the NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group.

**Keywords:** Muller C-element, self-timed circuits (STC), CMOS, logical function, NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group.

Г-триггер (гистерезисный триггер, Г-триггер или С-элемент Маллера) один из основных элементов так называемых самосинхронных схем СмСхСх [1]. Г-триггер фиксирует завершение переходных процессов в индикаторах СмСхСх и в себе самом.

Пример КМОП реализации СмСхСх [2] с индикатором – элементом 2ИЛИ-НЕ, формирующим сигнал индикации I (реализация переноса в бинарном сумматоре) показан на Рис.1:

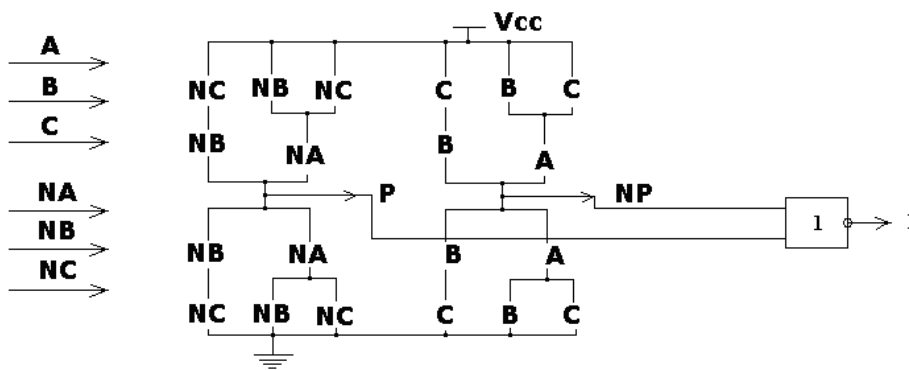


Рис. 1 - Самосинхронная реализация функции бинарного переноса – мажоритарной функции  $B \cdot C \vee A \cdot (C \vee B)$

Переменные подаются в парафазном коде – имеются отрицания N переменных A,B,C переменных. Выход схемы также парафазный (P, NP).

На Рис.1 условно показана реализация логических функций:

$$P(A,B,C,NA,NB,NC) = NB \cdot NC \vee NA \cdot (NC \vee NB)(1), \quad NP(A,B,C,NA,NB,NC) = B \cdot C \vee A \cdot (C \vee B)(2).$$

Именно индикатор оценивает выходные парафазные сигналы. В фазе гашения, когда на входы A,B,C, NA, NB, NC подаётся так называемый спейсер ( $A=1, B=1, C=1, NA=1, NB=1, NC=1$ ), тогда  $P=0, NP=0, I=1$ , то есть схема готова к выполнению рабочей фазы. В ней входы (A,B,C) и (NA, NB, NC) инверсны (ортогональны), поэтому если  $P=1, NP=0$ , если  $P=0, NP=1$ , то есть  $I=0$  в рабочей фазе. А сигналы различных индикаторов самосинхронной схемы «собираются» Г триггерами.

Вызывает интерес исследование и моделирование такого триггера в связи тем, что самосинхронная схемотехника, как предполагают, является весьма перспективной для так называемого «Гринкомпьютинга» [3-5] в рамках образовательного проекта EC: Fostering Innovations on Green Computing and Communications TEMPUS GreenCo project «Технологии зеленых вычислений»

ProjectNumber:

530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR

Grant Holder: University of Newcastle upon Tyne (UK).

## Функция переходов Г триггера

Известен гистерезисный элемент (Г- триггер), содержащий три двухвходовых элемента 2И-НЕ, один трёхвходовой элемент 3И-НЕ [1] – Рис.2:

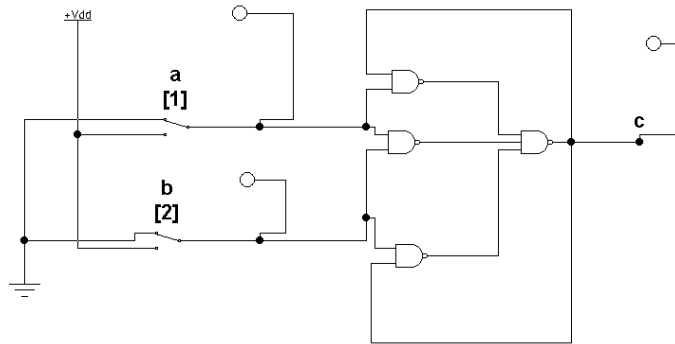


Рис. 2 - Г- триггер на базе трёх элементов 2И-НЕ и одного 3И-НЕ.

Г- триггер анализирует завершение переходных процессов на входах а,в и на своём выходе. То есть ситуация Рис.2 – это исходное состояние.

Функция переходов Г- триггера, изображённого на Рис.2 имеет вид:

$$c(t+1) = \overline{[a \cdot c(t)] \cdot [a \cdot b] \cdot [b \cdot c(t)]} = a \cdot c(t) \vee a \cdot b \vee b \cdot c(t) = \\ = a \cdot b \vee (b \vee a) \cdot c(t) \quad (3).$$

То есть, Г- триггер перейдёт из состояния 0 в состояние 1, если  $a=b=1$ ;  
из состояния 1 в состояние 0, если  $a=b=0$ .

## Моделирование работы Г триггера

Выполним моделирование логики работы Г триггера в системе схемотехнического моделирования NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group.

Допустим, изменяется сигнал а – становится равным 1-Рис.3:

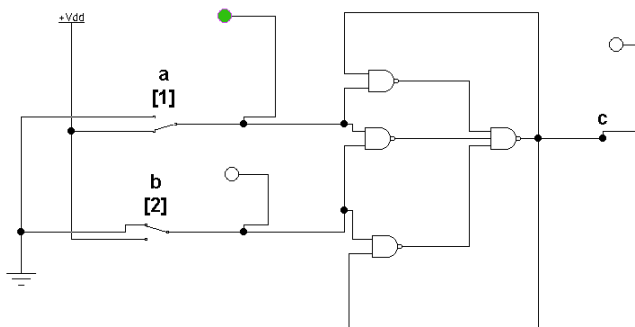


Рис. 3 - Сигнал а =1, в=0, выход Г триггера =0.

Выход Г триггера не изменяется, он продолжает быть равным 0. Если все входные сигналы принимают значение 1 (все индикаторы некоторой самосинхронной схемы сработали в фазе гашения), то триггер устанавливается в состояние 1 – Рис.4:

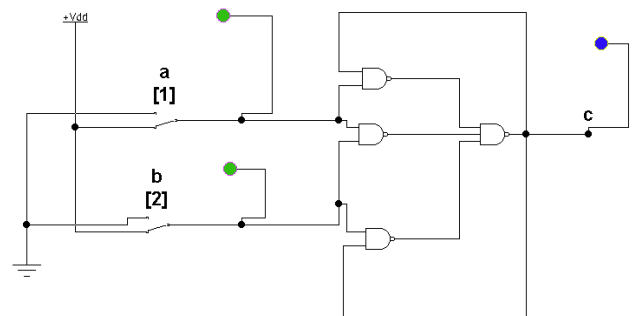


Рис. 4 - Сигнал а =1, в=1, выход Г триггера =1.

По сигналу Г-триггера начинается рабочая фаза – например, изменяется сигнал а – становится равным 1, состояние триггера не изменяется - Рис.3:

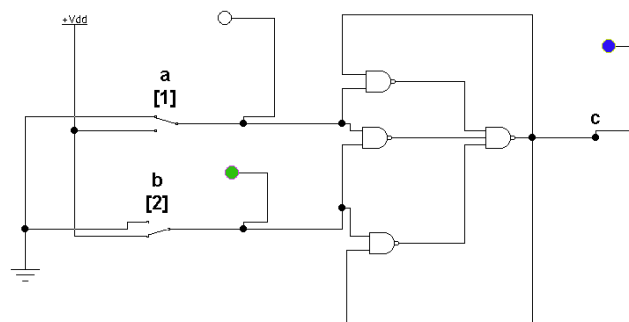


Рис. 5 - Сигнал  $a=0$ ,  $b=1$ , выход Г триггера  $=1$ .

Если все входные сигналы принимают значение 0 (все индикаторы некоторой самосинхронной схемы сработали в рабочей фазе), то триггер устанавливается в состояние 0, что означает готовность к очередной фазе гашения – Рис.6:

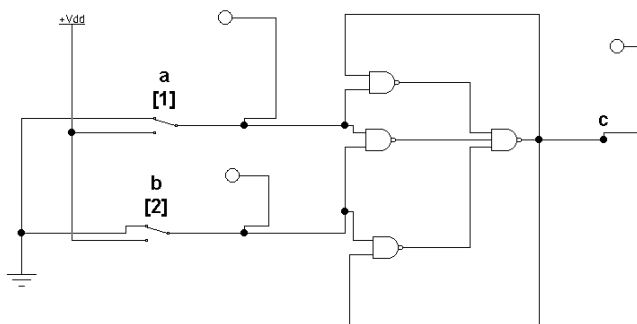


Рис. 6 - Сигнал  $a=0$ ,  $b=0$ , выход Г триггера  $=0$ .

#### Г триггер, как библиотечный элемент.

Для реализации Г триггера (Рис.1) необходимо 18 транзисторов – 4 транзистора в каждом из трёх элементов 2И-НЕ и 6 транзисторов в элементе 3И-НЕ. Имеются библиотека элементов самосинхронной схемотехники, в которой есть Г триггер, построенный из транзисторных пар базового матричного кристалла (БМК)[2] и удовлетворяющий требованию однокаскадности [6] – Рис.7:

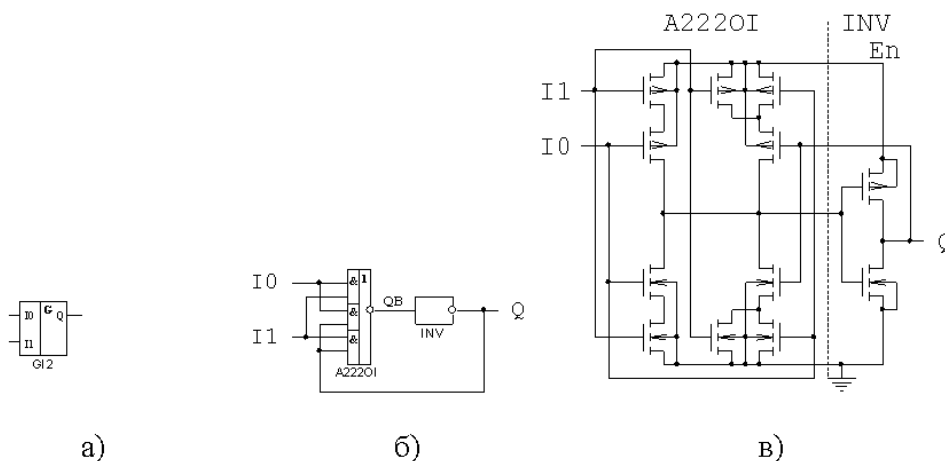


Рис. 7 - Библиотечный элемент GI2 - G-триггер с двумя унарными входами; а) УГО – условное графическое обозначение, б) схема электрическая функциональная, в) схема электрическая принципиальная

В [6] показана некорректность схемы Г триггера Рис.1 относительно задержек сигналов. В «правильном» Г - триггере GI2 всего 12 транзисторов – Рис.7. Указано, что элемент GI2 состоит из элемента A222OI и инвертора INV.

Оказывается, A222OI как отдельный элемент выглядит иначе [2] – Рис.8:

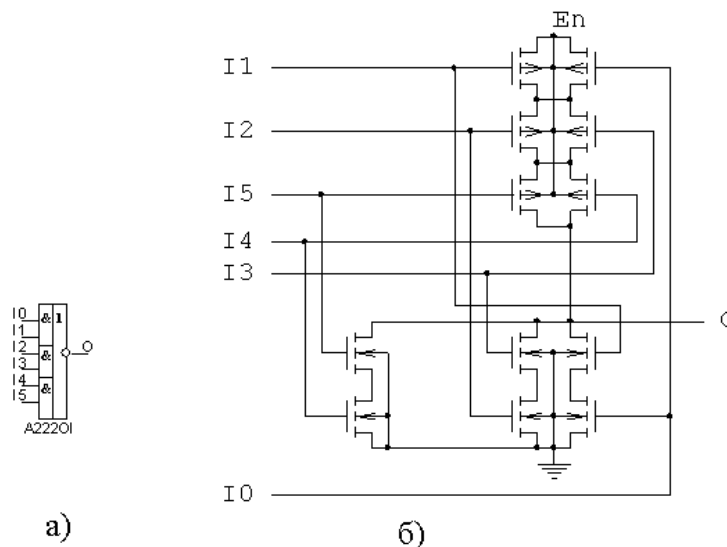


Рис. 8 - Библиотечный элемент A222OI – 2И-2И-2И-3ИЛИ-НЕ; а) УГО – условное графическое обозначение, б) схема электрическая принципиальная.

A222OI описывается выражением:

$$O = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee I_2 \cdot I_3 \vee I_4 \cdot I_5} (4).$$

Проверим ортогональность верхней и нижней КМОП подсхем. Получим выражение подключения шины «+» питания Еп:

$$O = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee I_2 \cdot I_3 \vee I_4 \cdot I_5} = (\overline{I_0 \vee \overline{I_1}})(\overline{I_2 \vee \overline{I_3}})(\overline{I_4 \vee \overline{I_5}}) (5).$$

Действительно, любой один ноль по входным переменным (в верхней части схемы транзисторы открываются нулём) в каждой из трёх скобок приведёт равенству единице выражений 4,5, то есть ток от «+» питания Еп будет протекать к выходу О.

Получим уравнения подключения шины «Ноль вольт»:

$$\overline{I_0 \cdot I_1 \vee I_2 \cdot I_3 \vee I_4 \cdot I_5} = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee I_2 \cdot I_3 \vee I_4 \cdot I_5} (6).$$

Действительно, равенство единице каждой трёх конъюнкций приведёт к равенству единице выражения 6 (в верхней части схемы транзисторы открываются единицей) то есть ток от «Ноль вольт» будет протекать к выходу О.

Очевидно, что выражения 5 и 6 ортогональны.

Однако, вернёмся к Г триггеру – Рис.7. Несоответствие указанного на нём элемента A222OI и элемента Рис.8 связано с тем, что в Г триггере использован внутренний вход Q.

Получим уравнения подключения шины «+» питания Еп – Рис.7:

$$QV = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee Q \cdot (I_0 \vee I_1)} = (\overline{I_0 \vee \overline{I_1}}) \cdot [\overline{Q \vee (I_0 \cdot I_1)}] (7).$$

Преобразуем это выражение:

$$(\overline{I_0 \vee \overline{I_1}}) \cdot [\overline{Q \vee (I_0 \cdot I_1)}] = \overline{I_0 \cdot Q} \vee \overline{I_0 \cdot \overline{I_1} \cdot Q} \vee \overline{I_1 \cdot Q} \vee \overline{I_0 \cdot I_1 \cdot Q} (8),$$

упрощая которое, получим:

$$\overline{I_0 \cdot I_1 \vee I_1 \cdot Q \vee I_0 \cdot Q} = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee (I_1 \vee I_0) Q} (9),$$

что мы и видим на схеме Рис.7.

Уравнения подключения шины «Ноль вольт» имеет вид:

$$QV = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee Q \cdot (I_0 \vee I_1)} = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee Q \cdot (I_0 \vee I_1)} (10).$$

что также мы и видим на схеме. То есть схемы соединения транзисторов в верхней и нижней подсхемах Рис.7 совпадают.

Получим на основании выражения (7) функцию переходов:

$$Q(t+1) = \overline{QV} = \overline{\overline{I_0 \cdot I_1 \vee Q \cdot (I_0 \vee I_1)}} = \overline{I_0 \cdot I_1 \vee Q \cdot (I_0 \vee I_1)} (11),$$

что соответствует выражению (3).

Таким образом, исследован гистерезисный триггер (Г-триггер) или С-элемент Малера, фиксирующий завершение переходного процесса в так называемых самосинхронных схемах (ССС). Выполнено моделирование в системе схемотехнического моделирования NI Multisim 10 by National Instruments Electronics Workbench Group, подтвердившее правильность логики работы Г-триггера. Получены логические функции КМОП реализации Г-триггера, как библиотечного элемента. Использование полученных результатов на занятиях по математической логике и схемотехнике в технических вузах способствует дальнейшему продвижению технологий «Гринкомпьютинга». Результаты описанного моделирования включены в разработанную программу подготовки аспирантов (PhD) по проекту ТЕМПУС.

#### Литература

1. Аperiodические автоматы: Под редакцией Варшавского В.И. – М.: Наука, 1976. – С.304.
- 2.Ю.А. Степченко, А.Н. Денисов, Ю.Г. Дьяченко, Ф.И. Гринфельд, О.П. Филимонов, Н.В. Морозов, Д.Ю. Степченко. Библиотека элементов для проектирования самосинхронных полужаказных микросхем серий 5503/5507 и 5508/5509 — М.: ИПИ РАН, 2012. — 1348 с. С. 425
- 3.Тюрин С.Ф. Аляев Ю.А. Зелёная волна. Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 5 (8). С. 144-157.
- 4.Тюрин С.Ф., Плотникова А.Ю. Концепция «зелёной логики». Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления 2013. № 8. С. 61-72.
- 5.Kamenskih, A.N., Tyurin, S.F. Application of redundant basis elements to increase self-timed circuits reliability Proceedings of the 2014 IEEE North West Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2014.
- 6.Ю.А. Степченко, А.Н. Денисов, Ю.Г. Дьяченко, Ф.И. Гринфельд, Н.В. Морозов, Л.П. Плеханов, О.П. Филимонов, Ю.П. Фомин. Библиотека самосинхронных элементов для технологии БМК. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.asic.ru/images/stories/publ/200.pdf> (дата обращения 25.02.2015)

## References

1. Aperiodicheskie avtomaty': Pod redakciej Varshavskogo V.I. – M.: Nauka, 1976. – S.304.
2. Yu.A. Stepchenkov, A.N. Denisov, Yu.G. D'yachenko, F.I. Grinfel'd, O.P. Filimonenko, N.V. Morozov, D.Yu. Stepchenkov. Biblioteka e'lementov dlya proektirovaniya samosinxronny'x poluzakazny'x mikrosxem serij 5503/5507 i 5508/5509 — M.: IPI RAN, 2012. — 1348 s. S. 425
3. Tyurin S.F. Alyaev Yu.A. Zelyonaya volna. Obrazovatel'ny'e resursy' i tekhnologii. 2014. № 5 (8). S. 144-157.
4. Tyurin S.F., Plotnikova A.Yu. Konceptiya «zelyonoy logiki». Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. E'lektrotexnika, informacionny'e tekhnologii, sistemy' upravleniya 2013. № 8. S. 61-72.
5. Kamenskiy, A.N., Tyurin, S.F. Application of redundant basis elements to increase self-timed circuits reliability Proceedings of the 2014 IEEE North West Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW 2014.
6. Yu.A. Stepchenkov, A.N. Denisov, Yu.G. D'yachenko, F.I. Grinfel'd, N.V. Morozov, L.P. Plexanov, O.P. Filimonenko, Yu.P. Fomin. Biblioteka samosinxronny'x e'lementov dlya tekhnologii BMK. [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.asic.ru/images/stories/publ/200.pdf> (data obrashheniya 25.02.2015)

**Фурман А.С.**

Аспирант, Кузбасский Государственный Технический Университет им. Т.Ф. Горбачева

### **ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УКЛОНА ДОРОГИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрены - закономерности изменения производительности и себестоимости использования карьерных автосамосвалов от продольного уклона дороги.*

**Ключевые слова:** продольный уклон дороги, карьерный автосамосвал, производительность, себестоимость.

**Furman A.S.**

Postgraduate student, Kuzbass State Technical University name T. F. Gorbachev

### **THE EFFECT OF LONGITUDINAL SLOPE ON THE EFFICIENCY OF USE OF EXCAVATOR-CAR SYSTEMS**

*Abstract*

*The article considers the patterns of change in productive work and the cost of using open-pit dump trucks from the longitudinal slope of the road.*

**Keywords:** longitudinal slope of the road, quarry haul trucks, performance, cost.

В настоящее время в угольной промышленности страны особое внимание уделяется открытому способу добычи угля, что связано с более высокой его производительностью и рентабельностью. По разным оценкам, доля угля, добываемого открытым способом, составляет в настоящее время 50 – 65%, а в дальнейшем увеличится до 80 – 85%.

Развитие открытого способа добычи полезного ископаемого сопровождается ростом масштабов производства, увеличением глубины карьеров и усложнением горнотехнических условий эксплуатации основного технологического оборудования. С ростом глубины карьеров наиболее узким местом в горном производстве становится технологический автомобильный транспорт, так как рост глубины увеличивает либо расстояние транспортирования, либо продольные уклоны дорог, а одно и другое снижает эффективность экскаваторно-автомобильных комплексов.

Удельный вес транспортных затрат в трудоемкости и энергоемкости процесса добычи полезных ископаемых достигает 55 -60 % при добыче с глубины 100 -150 м, а при увеличении глубины до 200 –250 м – 65 -70 %. Из них более 50 % приходится на автомобильный транспорт. В связи с этим повышение эффективности использования экскаваторно-автомобильных комплексов и снижение транспортных издержек на перевозки становится актуальной задачей.

В виду того, что в реальности геометрия маршрутов движения карьерных автосамосвалов характеризуются большим разнообразием, существует необходимость применения единой расчётной схемы маршрута. В зависимости от геометрии различают простую, петлевою, спиральную и комбинированную трассы, развертки которых представляют собой совокупность отрезков трассы. Если допустить, что продольные уклоны отрезков трассы изменяются незначительно, то можно представить любую трассу в виде простой, у которой длина транспортирования связана с продольным уклоном дороги обратно пропорциональной зависимостью.

Продольный уклон дороги оказывает сложное воздействие на производительность экскаваторно-автомобильных комплексов. Рассмотрим простой экскаваторно-автомобильный комплекс, состоящий из одного экскаватора и одного автосамосвала. С одной стороны, если принять техническую скорость автосамосвала неизменной, тогда с увеличением уклона за счет уменьшения расстояния транспортирования производительность ЭАК будет увеличиваться. С другой стороны, увеличение уклона приводит к снижению технической скорости, что увеличивает время транспортирования, а следовательно уменьшает производительность. Следовательно, реальная зависимость часовой производительности от продольного уклона дороги носит параболический характер (см. Рис. 1).

Переходя к более сложным экскаваторно-автомобильным комплексам, получим, что уменьшение величины продольного уклона приводит не только к увеличению расстояния транспортирования, но и к росту фактора движения ЭАК. Таким образом, уменьшение величины продольного уклона позволяет использовать большее число автосамосвалов в экскаваторно-автомобильном комплексе, увеличивая производительность и стабильность ЭАК (см. Рис.2, 3).

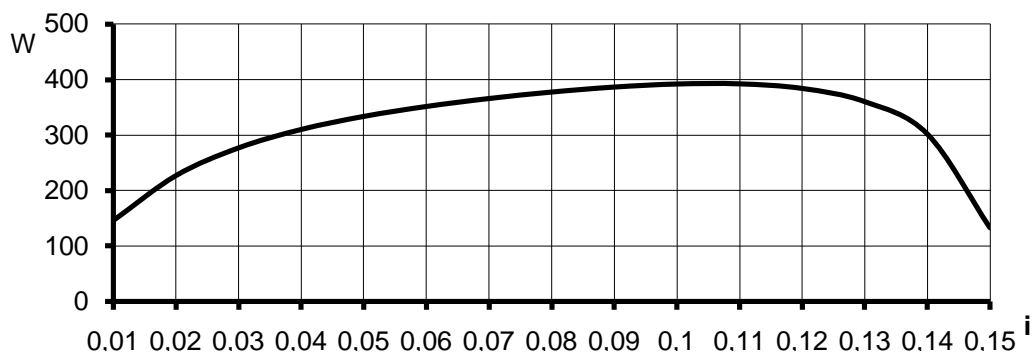


Рис. 1 - Зависимость производительности  $W$  автосамосвала БелАЗ-75131 от продольного уклона дороги  $i$ .

Следовательно, реальная зависимость производительности ЭАК от продольного уклона дороги имеет экстремумы, при которых производительность будет максимальна, поэтому рациональный выбор продольного уклона дороги с использованием функционального критерия имеет смысл.

$$i_{\text{рац}} \rightarrow Q_{\text{т}} = \max,$$

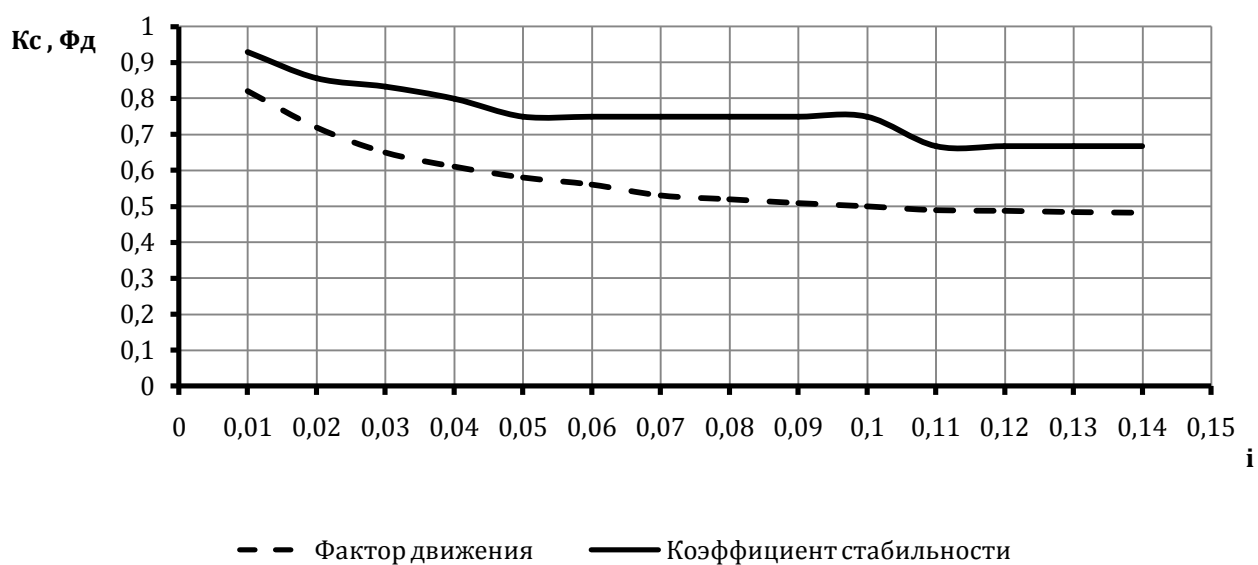


Рис.2 - Зависимость коэффицента стабильности  $K_c$  и фактора движения  $\Phi_d$  от продольного уклона дороги  $i$

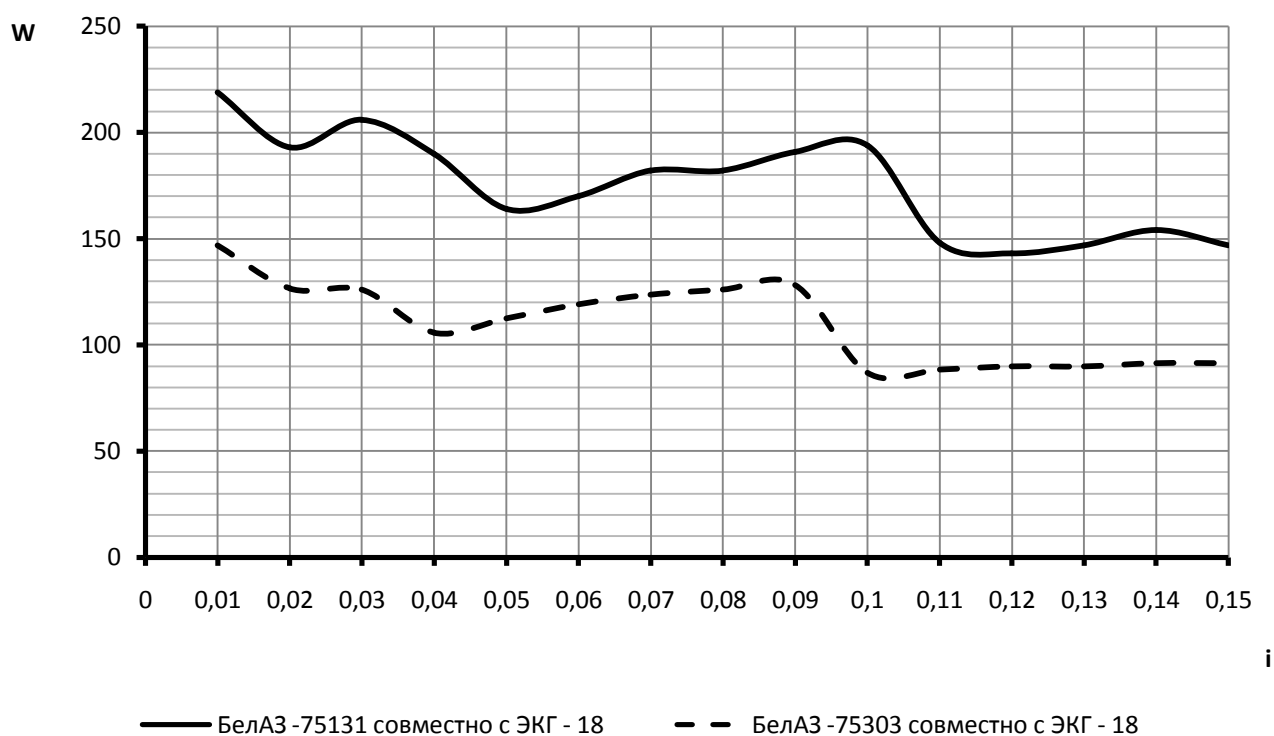


Рис.3 - Зависимость производительности  $W$  ЭАК от продольного уклона дороги  $i$

$$S = \frac{\text{Затраты}}{\text{Производительность}} = \frac{3}{W}$$



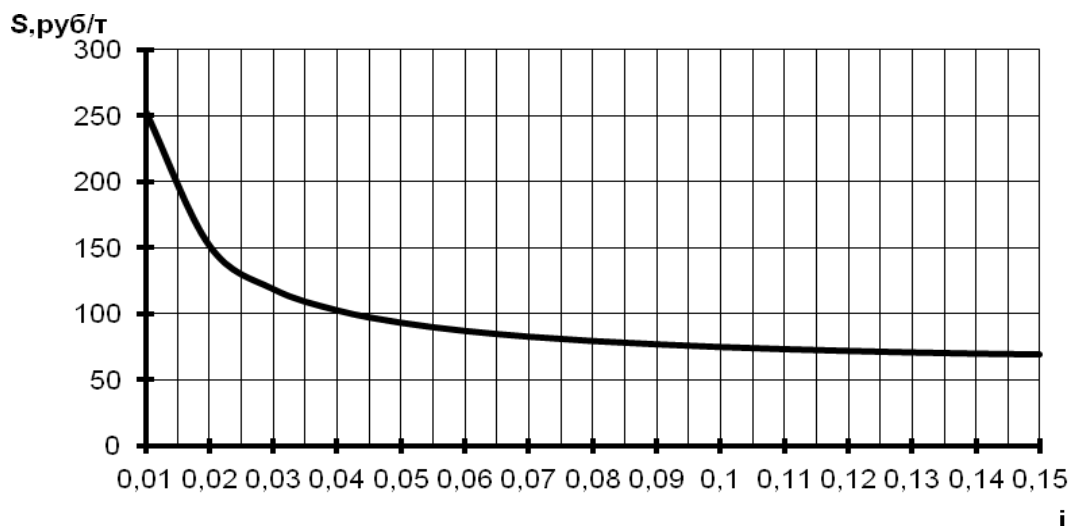


Рис.4 - Зависимость себестоимости  $S$  перевозок автосамосвала БелАЗ-75131 от продольного уклона  $i$  дороги при неизменных затратах

Продольный уклон дороги оказывает сложное влияние на себестоимость перевозок. С одной стороны, если принять эксплуатационные затраты неизменными, то с увеличением уклона, за счет повышения часовой производительности, себестоимость перевозок снижается и зависимость себестоимости перевозок от продольного уклона дороги носит гиперболический характер (рис.4).

С другой стороны, увеличение уклона приводит к повышению расхода топлива, смазочных материалов, к снижению ресурса опорных металлоконструкций, увеличению простоев автосамосвалов в техническом обслуживании и ремонте, более быстрому износу парка автосамосвалов и, значит, увеличению эксплуатационных расходов по соответствующим статьям. Таким образом, суммарные эксплуатационные затраты увеличиваются с ростом уклона (рис.5).

Следовательно, реальная зависимость себестоимости перевозок от продольного уклона дороги носит параболический характер (рис.6), а значит, имеет экстремум, при котором себестоимость перевозок минимальна.

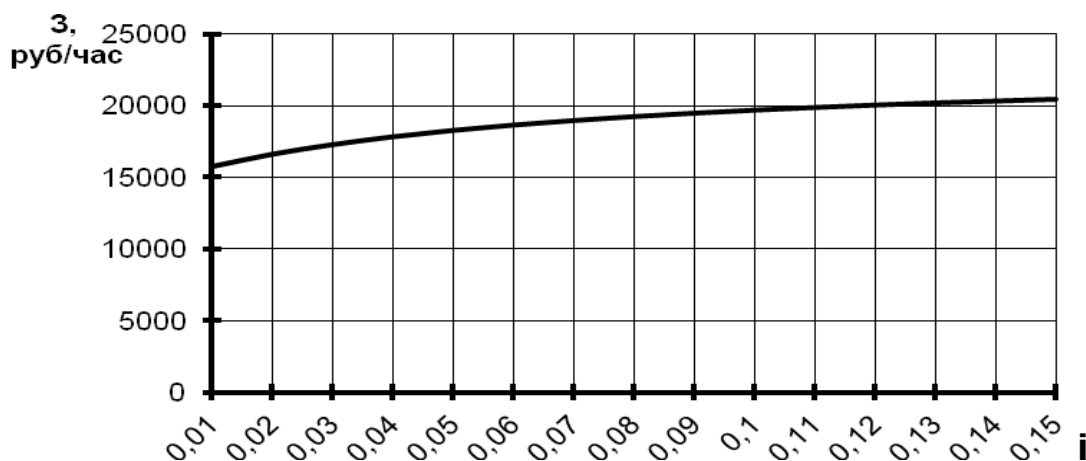


Рис.5 - Зависимость суммарных часовых эксплуатационных затрат  $Z$  автосамосвалов БелАЗ-75131 от продольного уклона  $i$  дороги

При осуществлении транспортного процесса на карьерах происходит перемещение двух типов грузов: полезного ископаемого и вскрышной породы. Для каждого типа груза условие определение рационального уклона свое.

При перевозке вскрышной породы предприятия не получают дохода от перевозочного процесса, поэтому они заинтересованы в минимизации всех эксплуатационных затрат. Следовательно, рациональным уклоном при перевозке вскрышных пород является тот, при котором себестоимость перевозок минимальна.

$$i_{\text{рац}} \rightarrow S = \min,$$

Продольный уклон дороги оказывает влияние на техническую скорость движения карьерных автосамосвалов, следовательно, переменными статьями себестоимости транспортирования горной массы являются те, на которые оказывает влияние скорость движения, а именно затраты на топливо, смазочные материалы, шины, техническое обслуживание и текущий ремонт, а также затраты, связанные с содержанием карьерных дорог.

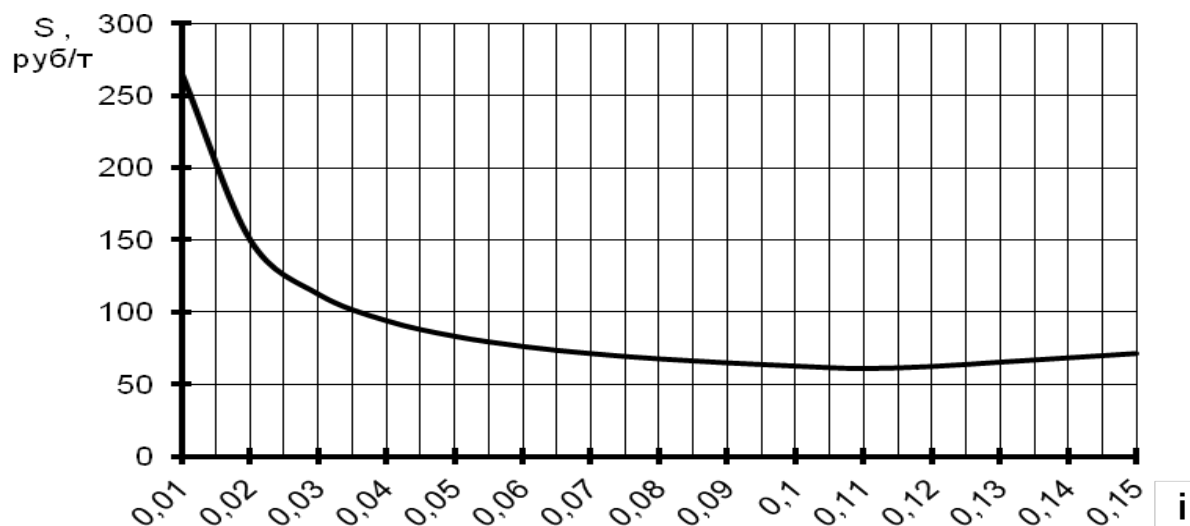


Рис.6 - Реальная зависимость себестоимости  $S$  перевозок автосамосвалов БелАЗ-75131 от продольного уклона  $i$  дороги

Перевозка полезного ископаемого является одним из важнейших звеньев получения горнодобывающими предприятиями прибыли. Большое значение имеет не только величина эксплуатационных затрат на перевозку, но и величина полученной за определенный период прибыли и это является определяющим. Следовательно, нельзя оценивать рациональный уклон при перевозке полезного ископаемого, с помощью только одной себестоимости перевозок. Так, например, повышение уклона при перевозке полезного ископаемого, по сравнению с уклоном, где себестоимость минимальна, приведет к росту эксплуатационных затрат, однако за счет повышения при этом производительности карьерных автосамосвалов общая прибыль от перевозки полезного ископаемого за определенный период времени возрастает. Зависимость планируемой прибыли от перевозок полезного ископаемого от продольного уклона дороги имеет вид параболы, обратной относительно оси  $X$  параболы себестоимости (рис.7).

Однако экстремумы у зависимостей себестоимости и прибыли от продольного уклона дороги совпадают достаточно редко. Таким образом, условие для определения рационального уклона при перевозке полезного ископаемого запишется в виде:

$$i_{\text{рац}} \rightarrow \Pi = D - S \cdot Q = \max,$$

где  $S$  - себестоимость перевозок, руб/т;  $D$  - доход от реализации объема, перевезенного за определенный период, полезного ископаемого, руб;  $Q$  - объем перевезенного за этот же период полезного ископаемого, т.

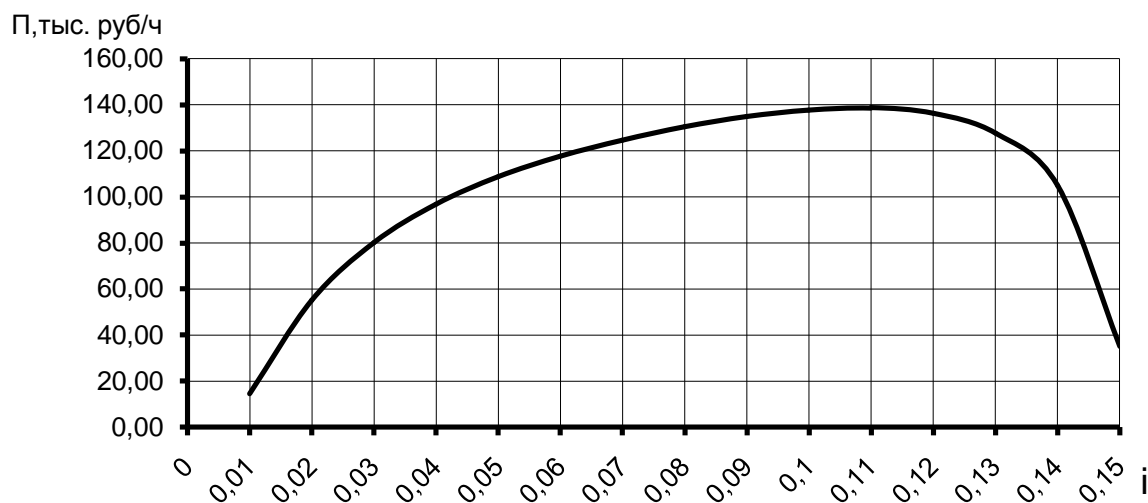


Рис.7 - Зависимость планируемой прибыли  $\Pi$  автосамосвалов БелАЗ-75215 за час, полученной в результате перевозки полезного ископаемого, от продольного уклона  $i$  дороги

#### Литература

1. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. - СПб.: Наука, 2004. - 429с.

2. Кулешов А.А. Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. - М.: Недра, 1980.-317с.

#### References

1. Mariyev P.L., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyrjanov I.V. Kar'er-nyj avtotransport: sostojanie i perspektivy. - SPb.: Nauka, 2004. - 429s.

2. Kuleshov A.A. Moshhnye jekskavatorno-avtomobil'nye kompleksy kar'erov. - M.: Nedra, 1980.-317s.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СЕРВЕРА  
ВИРТУАЛИЗАЦИИ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрено – создание защищенной информационной системы предприятия на основе сервера виртуализации для обеспечения ее защиты от несанкционированного доступа, уменьшения расходов предприятия на создание большого числа серверов и их поддержку за счет эмуляции устройств, используя технологии аппаратной виртуализации Intel.*

**Ключевые слова:** виртуализация, информационная система, информационная безопасность.

**Khrulev P. A.<sup>1</sup>, Bodrova A. A.<sup>2</sup>, Logvin V. I.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Student, <sup>2</sup>Student, <sup>3</sup>Student, National Research University of Electronic Technology.

**DEVELOPMENT OF SECURE INFORMATION SYSTEM BASED ON VIRTUALIZATION SERVER**

*Abstract*

*The article considers a development of enterprise secure information system based on virtualization server to protect it from unauthorized access, to reduce the costs of server deployment using Intel hardware virtualization technology.*

**Keywords:** virtualization, information system, IT security.

В современном информационном обществе широко стоит вопрос защиты информации. Ежедневно совершается большое число попыток взлома информационных систем различного уровня защищенности. В каждой компании есть свои серверы, на которых содержится большое количество конфиденциальной информации. Овладев такой информацией, злоумышленник может использовать ее в своих целях. Например, он может украсть базу данных клиентов или же разработки новейшего технического средства. Поэтому, в каждой компании стараются защищать свои серверы с помощью различных средств. Одним из таких средств является использование виртуализации.

Виртуализация используется сравнительно недавно, но за короткий срок уже завоевала доверие у администраторов серверов. Ее использование позволило сократить издержки на покупку большого количества физического оборудования, а также значительно упростило эксплуатацию серверов. Например, чтобы иметь возможность быстрого восстановления системы, достаточно создавать снимки системы с определенным промежутком времени, и тогда, всегда можно будет вернуться к любому из состояний за пару минут.

Как же виртуализация помогает защитить информационную систему от несанкционированного доступа? Ответим на этот вопрос, рассмотрев создание защищенной информационной системы на базе сервера виртуализации.

В качестве вычислительного устройства сервера предлагается использовать процессор Intel, оснащенный технологиями аппаратной виртуализации VT-x и VT-d. Использование этих технологий позволяет обеспечить высокую производительность сервера, так как гостевые системы управляются монитором виртуальных машин напрямую, минуя хостовую операционную систему (далее ОС). Помимо этого, сервер должен обладать достаточным количеством оперативной памяти для работы нескольких виртуальных машин, а также большим объемом жесткого диска для хранения образов дисков виртуальных машин. На базе данного физического сервера можно запускать большое число виртуальных машин. Ресурсы сервера будут распределяться между ними.

Администрирование сервера может осуществляться как локально, так и удаленно. Удаленный доступ упрощает управление виртуальными машинами, так как администратору нет необходимости каждый раз приходить в серверную, особенно, если она находится под особым режимом защиты. Для обеспечения безопасности администрирования нужно проводить аутентификацию каждого администратора. В качестве аутентифицирующего носителя предлагается использование touch memo или смарт-карт. Поэтому, как сервер, так и компьютеры администраторов должны быть оснащены считывателями. На сервере находится база данных администраторов, а также определенная секретная информация по каждому из них. Соответственно, на каждом аутентифицирующем носителе находится информация, конкретно идентифицирующая каждого пользователя. Помимо этого в базе данных хранятся права каждого пользователя на определенные виртуальные машины. Например, один администратор может только включать/выключать определенную виртуальную машину. А другой – создавать снимки системы, добавлять новые устройства, выделять дополнительную память. Так можно создать определенную ролевую модель, в зависимости от потребностей компании-заказчика.

В случае удаленного администрирования нужно обеспечить защищенный канал связи между компьютером администратора и сервера. В данной системе предлагается использование криптографических сетевых адаптеров, использующих асимметричную схему шифрования данных. Сетевой адаптер сервера шифрует и расшифровывает информацию на приватном ключе, в то время как клиентский сетевой адаптер использует публичный ключ. Помимо этого, можно защитить канал связи дополнительно, организовав VPN – соединение, используя набор протоколов для аутентификации и шифрования IPSec.

Для обеспечения безопасности сервера используется централизованное хранилище данных. Это хранилище защищено с помощью проходного шифратора дисков. Также такая организация позволяет создавать RAID-массивы для дублирования информации и обеспечения ее целостности. Образы виртуальных машин хранятся в этом хранилище. Каждая виртуальная машина может содержать десятки снимков ее предыдущих состояний, поэтому при взломе, к любому из них можно будет быстро возвратиться.

С помощью таких мер обеспечивается безопасность физического сервера, на котором работают виртуальные машины. Как же защитить их от несанкционированного доступа?

В первую очередь нужно сказать, что виртуальные машины создаются для работы на них определенного числа пользователей. Работа пользователя с виртуальной машиной осуществляется так же, как и с реальной. То есть при подключении к серверу пользователь никак не может узнать, работает ли он на физическом сервере или виртуальном. Поэтому в операционной системе на виртуальном сервере тоже нужно проводить процедуру аутентификации. Если установлена ОС Windows, то можно использовать контроллер домена, осуществляющий проверку подлинности каждого подключающегося клиента. В зависимости от нужд компании-заказчика, можно использовать, как только программную аутентификацию, используя уникальные логин и пароль, так и программно-аппаратную, используя данные с аутентифицирующего носителя каждого пользователя. Однако такой подход увеличивает стоимость и масштабируемость защищенной системы. Помимо этого в гостевой ОС возможна установка средства разграничения доступа. Данный программный продукт позволяет определять полномочия для каждого пользователя. Например, в ОС может быть два администратора, которым будет открыт доступ практически во все части системы. А остальные пользователи будут использовать только определенные наборы приложений. База данных для средства разграничения доступа может быть установлена как локально на данной ОС, так и в общем централизованном хранилище данных.

Для шифрования трафика между клиентами и виртуальными машинами также можно использовать криптографические сетевые адаптеры. Однако нельзя программно эмулировать такое сложное устройство, так как в него загружается определенный набор секретных ключей. Поэтому необходимо устанавливать свое сетевое устройство для каждой виртуальной машины и осуществлять его пробо. Такое решение может быть очень дорогим, поэтому применяется лишь в случаях очень сильной защиты.

Построение данной системы возможно, используя только open-source проекты. Это позволяет уменьшить стоимость системы, а также обеспечивает достаточно простое внесение изменений в систему в зависимости от нужд заказчика. В качестве хост-операционной системы физического сервера используется ОС Linux, собранная из новейшего ядра Linux, а также программ, требуемых для работы виртуализации. В качестве менеджера виртуальных машин используется open-source проект – Virtual Machine Manager. В качестве гипервизора используется QEMU. Эта программа позволяет эмулировать различные устройства. Для связи между менеджером и QEMU используется библиотека libvirt. Ее использование позволяет формировать командную строку для запуска QEMU, используя дружественный интерфейс Virtual Machine Manager.

Таким образом, использование виртуализации позволяет на одном физическом сервере установить большое количество виртуальных серверов, требуемых для работы организации. Каждый из этих серверов защищен от внешних атак путем шифрования трафика, а также введением двухфакторной аутентификации. Помимо этого, каждый виртуальный сервер содержит большое количество снимков и логов, что позволяет быстро восстановить его работоспособность в случае взлома. Информация каждого пользователя шифруется при его работе с сервером, что позволяет защитить ее от злоумышленника, не имеющего ключа для ее дешифрации. В общем случае, использование такой системы повышает безопасность информационной системы компании, а также уменьшает издержки на ее развертывание и поддержку.

#### Литература

1. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual // Intel, 2014 // Официальный сайт INTEL [Электронный ресурс] URL: <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/manuals/64-ia-32-architectures-software-developer-manual-325462.pdf> (дата обращения 30.03.2015).

2. QEMU Manual // QEMU // Официальный сайт QEMU [Электронный ресурс] URL: <http://wiki.qemu.org/Manual> (дата обращения 30.03.2015)

3. Robert Warnke, Thomas Ritzau Qemu-kvm & libvirt. Германия: Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2010. – 276 с.

#### References

1. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual // INTEL, 2014 // Official'nyj sayt INTEL [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/manuals/64-ia-32-architectures-software-developer-manual-325462.pdf> (data obrashhenija 30.03.2015).

2. QEMU Manual // QEMU // Official'nyj sayt QEMU [Elektronnyj resurs] URL: <http://wiki.qemu.org/Manual> (data obrashhenija 30.03.2015)

3. Robert Warnke, Thomas Ritzau Qemu-kvm & libvirt. Germany: Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2010. – 276 s.

Шермухамедов А.А.<sup>1</sup>, Тобаев А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор; <sup>2</sup>Аспирант, Ташкентский автомобильно-дорожный институт

#### МЕТОДИКА РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ КАТЕГОРИИ ОЗ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация

*В статье на примере тракторного прицепа, грузоподъемностью 4 тонн рассматривается методика численного расчета напряженно-деформируемого состояния рамных конструкций автотракторных прицепов категории ОЗ. На основе сопоставительного анализа, показано, что предложенная методика расчета напряженно-деформируемого состояния рамы даёт хорошее согласование с экспериментальными данными (максимальные значения напряжения в пределах 11%) и ее можно использовать при обосновании прочностных параметров автотракторных прицепов категории ОЗ.*

**Ключевые слова:** прицеп, рама, численный расчёт, дорожные условия, прочность, напряженно-деформируемое состояние.

Shermukhamedov A.A.<sup>1</sup>, Tobaev A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, professor; <sup>2</sup>Postgraduate student, Tashkent Automobile and Road Institute

#### METHOD OF CALCULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF FRAME STRUCTURES OF AUTOTRACTOR TRAILERS OF CATEGORY O3 AT VARIOUS EXTERNAL INFLUENCES

Abstract

*In article on an example of the tractor trailer, load-carrying capacity of 4 tons considers the technique for numerical calculating the stress-strain state of the frame structures of autotractor trailers of category O3. On the basis of the comparative analysis, it is shown, that the offered method of calculating the stress-strain state of the frame gives the good coordination with experimental data (the maximum values of pressure within 11 %) and it can be used at a substantiation durability parameters of autotractor trailers of category O3.*

**Keywords:** trailer, frame, numerical calculation, road conditions, strength, stress-strain state.

Рама транспортной машины является основным несущим элементом конструкции, который воспринимает все нагрузки, возникающие при движении транспортного средства по дорогам и пересеченной местности. Кроме того, несущая система является основанием для крепления узлов и агрегатов машины, поэтому к ней предъявляются дополнительные требования и ее конструктивные формы должны быть подчинены общему компоновочному замыслу [1]. Расчёт рам на прочность является одной из важнейших задач при проектировании транспортных машин. Для того чтобы подчеркнуть актуальность проводимых исследований, отметим, что транспортное машиностроение, к сфере которого относится объект исследований, существенно отличается от других отраслей машиностроения. Его особенность состоит в том, что внешние нагрузки, действующие на конструкцию, переменны во времени и прилагаются с определенной частотой, зависящей от скорости движения, фактической нагрузки, состояния дороги и от многих других факторов. При этом во время эксплуатации возможны резонансные явления, которые могут привести к высокому, по отношению к номиналу, напряжениям и ко многим другим нежелательным явлениям. Переменный характер внешних нагрузок ведет к периодическому изменению напряжения, что, в свою очередь, способствует возникновению усталостных трещин, рост и развитие которых вызывает усталостное разрушение.

В работе на примере тракторного прицепа, грузоподъемностью 4 тонн рассматривается методика расчета напряженно-деформируемого состояния рамы прицепа. Предложенная методика позволит проведения прочностных расчетов разрабатываемых на Ташкентском тракторном заводе автотракторных прицепов, грузоподъемностью 6 и 8 тонн.

Рама состоит из двух лонжеронов и семи поперечин, которые представляют собой жесткие стержневые элементы замкнутого и незамкнутого контура и имеют довольно корытные тонкостенные профили поперечного сечения (рис. 1). Указанные элементы получены штамповкой из листового металла толщиной 4-6 мм. Рамы прицепов конструктивно выполняются по следующей компоновке: лонжероны соединены между собой поперечинами посредством сварки, образуя при этом рамную конструкцию; в передней части рамы изготавливается опорно-сцепное устройство; подвеска соединяется с лонжеронами с помощью рессор, упругих элементов.

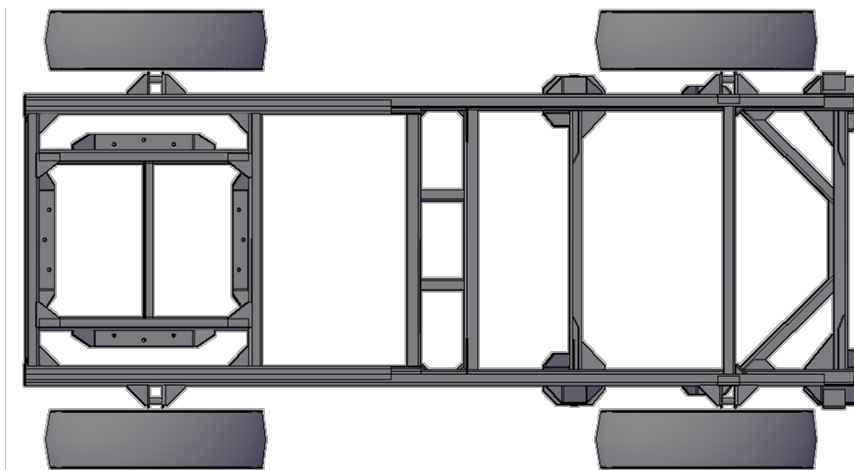


Рис. 1 - Общий вид рамы автотракторного прицепа

Актуальным является совершенствование методики расчетов на прочность и жесткость рамных конструкций прицепов. В качестве частных задач в работе рассматриваются: разработка расчетной схемы рамы по методу конечных элементов (МКЭ) с учетом симметрических свойств конструкции относительно продольной оси; исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) рамы прицепа по условию статического нагружения; деформация изгиба рамы от внешней нагрузки, соответствующей номинальной грузоподъемности прицепа; совместная деформация рамы от массы груза и закручивания относительно опорного устройства при переезде колесом (стороной) через препятствие; учет податливости (осадки) упругих элементов подвески (рессор) на НДС рамы; сравнение расчетов по оценке НДС с результатами экспериментальных исследований для условий статического нагружения, выполненных на полигоне Узбекского государственного центра испытаний техники и технологий, при испытании прицепа 2ПТС-4-793А.

Рама рассматривается на упругом основании в условиях статического нагружения, обеспечивает соответствие характера распределения напряжений в конструкции, полученных расчетным путем, результатам проведенных экспериментальных измерений тензометрированием [2].

Величина внешней нагрузки, принятая к рассмотрению при исследовании НДС рамы, соответствует номинальной грузоподъемности прицепа.

При определении расчетной нагрузки рамы прицепа по статической прочности, с достаточной для инженерной и конструкторской практики погрешностью, нагруженность оценивается по деформациям изгиба от массы перевозимого груза. Влияние закручивания рамы, вызванное движением по неровной поверхности и перераспределением массы, учитывается включением в систему уравнений изгиба дополнительных уравнений кручения.

При построении расчетной схемы тонкостенного стержня рассматривают его «среди́нную» поверхность, которая проходит через средину элементов, образующих стержень [3]. След среди́нной поверхности в плоскости поперечного сечения образует профиль сечения (рис. 2).

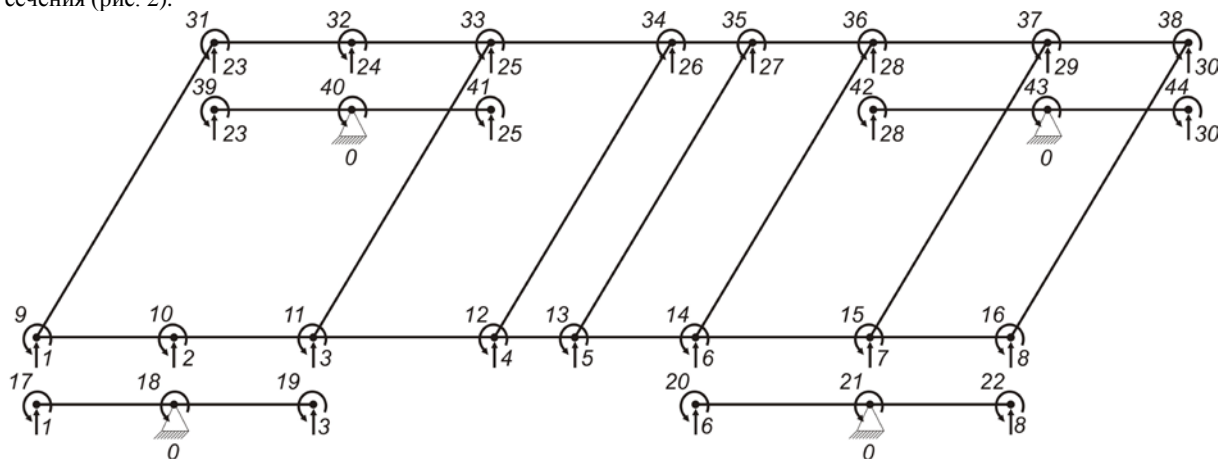


Рис. 2 - Расчетная схема

По очертанию профиля различают два типа стержней:

- стержни с закрытым профилем;
- стержни с открытым профилем.

Для открытого и замкнутого профиля геометрические параметры определяются по формуле

$$J_k = \alpha \sum_{i=1}^n \frac{s_i \delta_i^3}{3}; W_k = \frac{J_k}{\delta}; \quad (1)$$

$$J_k = \frac{4F^{*2}}{\int_s \frac{ds}{\delta}}; W_k = 2F^* \delta. \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент (для двутавров принимается равным 1,2; для швеллера – 1,12; уголка – 1,0);  $\delta$  – соответственно толщина каждой части профиля (меньшая сторона прямоугольника);  $s$  – соответственно длина контура каждой части поперечного сечения (большая сторона прямоугольника);  $F^*$  – площадь «живого» поперечного сечения.

Работа тонкостенных стержней замкнутого профиля существенно не отличается от работы обычных стержней. При их расчетах можно применять закон плоских сечений. Работа тонкостенных стержней открытого профиля не может быть описана законом плоских сечений, он заменяется более сложным законом [4].

Поперечные сечения тонкостенных стержней открытого профиля при нагрузках, создающих закручивание, не остаются плоскими. Происходит деформация сечений, связанная с перемещениями точек из плоскости поперечного сечения вдоль оси стержня.

Расчет ведется в соответствии с известными правилами теории сопротивления материалов в следующей последовательности [5]:

- рассчитывается эпюра изгибающих моментов;
- определяются напряжения изгиба по формуле:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{W_x}, \text{ кгс / см}^2.$$

Из курса сопротивления материалов нам известно, что дифференциальное уравнение изгиба имеет вид

$$\frac{d\varphi_x}{dx} = \frac{M_x}{EJ} \quad (3)$$

где  $\varphi_x$  – угол поворота сечения  $x$ , а  $M_x$  – изгибающий момент в сечении  $x$ .

Определим выражения для  $Q_1, M_1, Q_2, M_2$  (рис. 3)

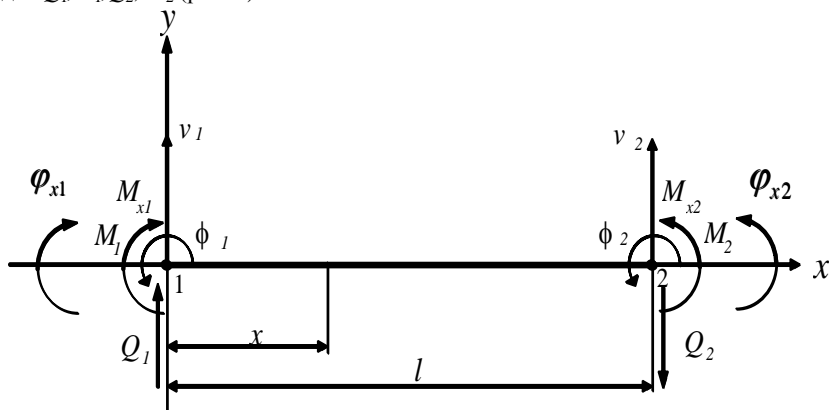


Рис. 3. Схема сил и моментов, действующих на стержневой элемент

Из рис. 3 видно, что изгибающий момент в сечении  $x$  равен,  $M_x = Q_1 \cdot x + M_1$ , теперь решая дифференциальное уравнение (3) получим

$$\varphi_x = \frac{1}{2} \frac{Q_1 x^2}{EJ} + \frac{M_1 x}{EJ} + \varphi_1$$

Прогиб  $v_x$  в сечении  $x$  определим из уравнения

$$\frac{dv_x}{dx} = \varphi_x, \quad v_x = \frac{1}{6} \frac{Q_1 x^3}{EJ} + \frac{1}{2} \frac{M_1 x^2}{EJ} + \varphi_1 x + C_2, \quad (x=0, C_2 = v_1)$$

Запишем выражения  $\varphi_x$  и  $v_x$  при  $x=l$

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \frac{1}{2} \frac{Q_1 l^2}{EJ} + \frac{M_1 l}{EJ} + \varphi_1 \\ v_2 &= \frac{1}{6} \frac{Q_1 l^3}{EJ} + \frac{1}{2} \frac{M_1 l^2}{EJ} + \varphi_1 l + v_1 \end{aligned} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \frac{l^2}{2EJ} & \frac{l}{EJ} \\ \frac{l^3}{6EJ} & \frac{l^2}{2EJ} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\varphi_1 + \varphi_2 \\ v_2 - \varphi_1 l - v_1 \end{bmatrix}$$

Решая систему получим

$$Q_1 = \frac{6EJ(\varphi_2 l - 2v_2 + \varphi_1 l + 2v_1)}{l^3}, \quad M_1 = -\frac{2EJ(\varphi_2 l - 3v_2 + 2\varphi_1 l + 3v_1)}{l^2}$$

В конце балки  $Q_2 = Q_1$ ,  $M_2 = Q_1 \cdot l + M_1$  выражения для  $Q_1, M_1, Q_2, M_2$  можно записать в матричном виде

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \\ Q_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \frac{EJ}{l^3} \begin{bmatrix} 12 & 6l & -12 & 6l \\ -6l & -4l^2 & 6l & -2l^2 \\ 12 & 6l & -12 & 6l \\ 6l & 2l^2 & -6l & 4l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \phi_1 \\ v_2 \\ \phi_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Стержневой элемент с учетом кручения рассматривается, как объединение элементов описывающих: изгиб в плоскости  $xy$  уравнениями (4) и кручение с осью симметрии  $x-x$  следующими уравнениями

$$\begin{Bmatrix} M_{x1} \\ M_{x2} \end{Bmatrix} = \frac{GJ_k}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \phi_{x1} \\ \phi_{x2} \end{Bmatrix}$$

Тогда общая система уравнений примет вид:

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ M_1 \\ Q_2 \\ M_2 \\ M_{x1} \\ M_{x2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{l^3} & \frac{6EJ}{l^2} & -\frac{12EJ}{l^3} & \frac{6EJ}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EJ}{l^2} & \frac{4EJ}{l} & -\frac{6EJ}{l^2} & \frac{2EJ}{l} & 0 & 0 \\ -\frac{12EJ}{l^3} & -\frac{6EJ}{l^2} & \frac{12EJ}{l^3} & -\frac{6EJ}{l^2} & 0 & 0 \\ \frac{6EJ}{l^2} & \frac{2EJ}{l} & -\frac{6EJ}{l^2} & \frac{4EJ}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ_k}{l} & -\frac{GJ_k}{l} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ_k}{l} & \frac{GJ_k}{l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \varphi_1 \\ v_2 \\ \varphi_2 \\ \phi_{x1} \\ \phi_{x2} \end{bmatrix} = [K][u] \quad (5)$$

Запись уравнений (5) в матричном виде очень удобно при программировании, так как задачи по МКЭ сводятся к решению системы линейных уравнений [6].

Расчет ведется в упругой постановке с учетом жесткости рессоры.

При расчетах, должны учитываться специфические дорожные условия хлопкосеющих республик [1,7], для которых были приняты четыре категории дорожных участков.

1. Дорога с гудронным покрытием удовлетворительного качества, имеющая малоизношенные участки с среднестатистической

высотой неровности  $\sqrt{R_{(0)}} = 1,5 \text{ см}$ .

2. Дорога с гравийным покрытием с изношенными участками с среднестатистической высотой неровности  $\sqrt{R_{(0)}} = 1,5 \div 3,0 \text{ см}$ .

3. Поворотная полоса с грядами высотой 8-12 см и шагом 90 см.

4. Глубокий кювет глубиной 40-45 см и шириной 100-150 см.

В качестве критерия, определяющего напряженное состояние рамы тракторного прицепа принято напряжение от действия на раму вертикальных динамических нагрузок, вызывающих изгиб элементов рамы прицепа в вертикальной плоскости приводящих к появлению нормальных напряжений

$$\sigma_{\text{изг.в.}} = \frac{M_x}{J_x} \cdot y$$

Скорость движения тракторного поезда, на основании ряда исследований [7, 8] и конструктивных особенностей хлопководческого трактора, по трем типам дорог была выбрана соответственно 23,12 км/ч, 13,2 км/ч и 9,25 км/ч, а при переезде глубокого кювета 6,1 км/ч.

Переезд через неровности в расчетной методике, учитывалось посредством изменения характеристик опорной поверхности колес. При этом рассматривались следующие четыре случая, соответствующие категориям дорожных условий:

1- все четыре колеса контактируют с поверхностью, нагрузка распределена равномерно; 2- все четыре колеса контактируют с поверхностью, нагрузка распределена неравномерно; 3- переднее левое колесо или заднее левое колесо не контактирует с опорной поверхностью; 4- переднее левое и заднее правое колеса не контактирует с опорной поверхностью.

На рис. 4. приведены значения нормальных напряжений в узлах лонжерона при нагрузке 4 тонн и максимальных значениях сжатия и растяжения волокон. Экспериментальные значения получены при скоростях движения 23,12 км/час, 13,2 км/час, 9,25 км/час.

При расчетах приняты: для положения 1 (рис.4. а и б)  $P_2=P_{24}=P_7=P_{29}=8800 \text{ Н}$ ,  $P_4=P_5=P_{26}=P_{27}=2200 \text{ Н}$ , жесткость рессоры  $EJ = 12056 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ ; для положения 2 (рис. 4. в и г)  $P_2=P_{29}=10800 \text{ Н}$ ,  $P_7=P_{24}=6800 \text{ Н}$ ,  $P_4=P_5=P_{26}=P_{27}=2200 \text{ Н}$ ; для положения 3 (рис. 4. д и е)  $P_2=P_{24}=14080 \text{ Н}$ ,  $P_7=P_{29}=8000 \text{ Н}$ ,  $P_4=P_5=P_{26}=P_{27}=3520 \text{ Н}$  или  $P_2=P_{24}=8000 \text{ Н}$ ,  $P_7=P_{29}=14080 \text{ Н}$ ,  $P_4=P_5=P_{26}=P_{27}=3520 \text{ Н}$ ; для положения 4 (рис. 4. ж и з)  $P_2=P_{29}=12800 \text{ Н}$ ,  $P_7=P_{24}=4800 \text{ Н}$ ,  $P_4=P_5=P_{26}=P_{27}=2200 \text{ Н}$ .

Сопоставительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показал, что максимальные значения напряжения для дороги с гудронным покрытием удовлетворительного качества составляет соответственно 3% (рис. 4 а) и 3,2% (рис. 4 б), для дороги с гравийным покрытием с изношенными участками - соответственно 2,6% (рис. 4 в) и 9,3% (рис. 4 г), для поворотной полосы с грядами высотой 8-12 см и шагом 90 см - соответственно 8,2% (рис. 4 д) и 10,6% (рис. 4 е), для глубокого кювета глубиной 40-45 см и шириной 100-150 см - соответственно 7,4% (рис. 4 ж) и 8,5% (рис. 4 з).

Таким образом, предложенная методика расчета напряженно-деформируемого состояния рамы даёт хорошее согласование с экспериментальными данными (максимальные значения напряжения в пределах 11%) и ее можно использовать при обосновании прочностных параметров автотракторных прицепов.



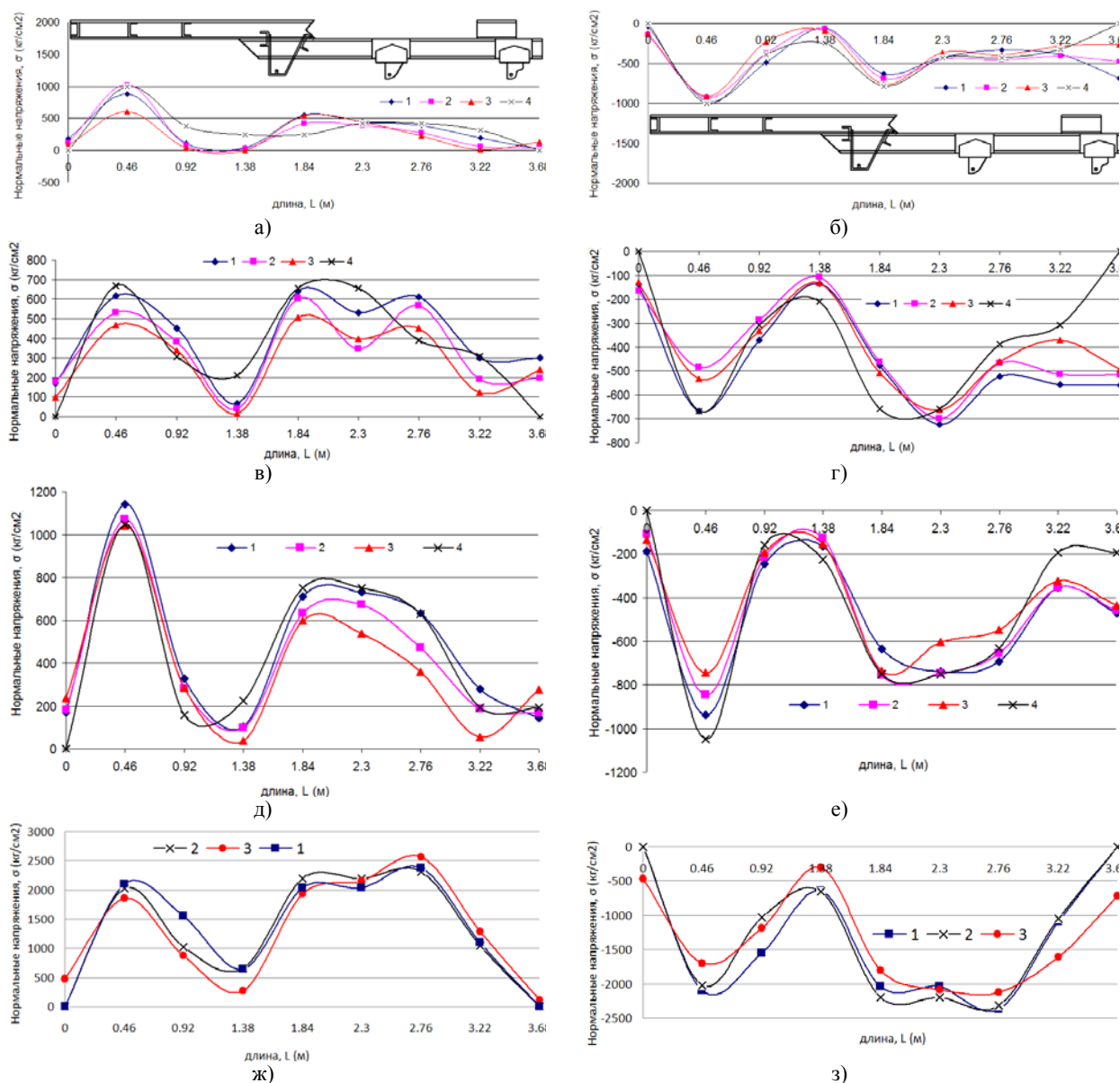


Рис. 4 - Нормальные напряжения в узлах лонжерона при нагрузке 4 тонн:

а), в), д), ж) – при максимальных значениях растяжения волокон; б), г), е), з) – при максимальных значениях сжатия волокон; для а), б), в), г), д), е): 1, 2, 3 – экспериментальные значения, 4 – расчетные значения; для ж), з): 1, 2 – расчетные значения, 3 – экспериментальные значения

#### Литература

1. Проскуряков В.Б. Динамика и прочность рам и корпусов транспортных машин. – Л.: Машиностроение, 1972. – 232 с.
2. Maksimow V., Petukhow E., Jankovic D. Determination of semitrailers supporting units loading with pliancy elastic suspension brackets elements calculations // XV conference science and motor vehicles, 15 – 18 may 1995. – Beograd, 1995. – P.141 – 143.
3. Шермухамедов А.А., Усманов И.И., Салимджанов Р.Т., Тогаев А.А. Методы расчета и испытания автотракторных прицепов отечественного производства. Т., 2012.- 132 с.
4. Основы расчетов прочностной надёжности специальных элементов конструкций автомобилей и тракторов: учебное пособие / Г. В. Беликов. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 98 с.
5. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для втузов – 9-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. – 512 с.
6. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. -Х.: Изд-во «Основа» при Харьковском университете, 1991. - 272 с.
7. Глущенко А.Д., Сливинский Е.В. Динамика и прочность транспортной системы для перевозки легковесных грузов. Ташкент: Фан, 1988.166 с.
8. Сливинский Е.В. Исследование колебаний и силового нагружения тракторного самосвального прицепа 2ПТС-4-793А. Автореф.дис.канд. техн.наук. Алма-ата. СХИ, 1977. 165 с.

#### References

1. Proskurjakov V.B. Dinamika i prochnost' ram i korpusov transportnyh mashin. – L.: Mashinostroenie, 1972. – 232 s.
2. Maksimow V., Petukhow E., Jankovic D. Determination of semitrailers supporting units loading with pliancy elastic suspension brackets elements calculations // XV conference science and motor vehicles, 15 – 18 may 1995. – Beograd, 1995. – P.141 – 143.
3. Shermukhamedov A.A., Usmanov I.I., Salimdzhanov R.T., Togaev A.A. Metody raschyota i ispytaniya avtotraktornyh pricepov otechestvennogo proizvodstva. T., 2012.- 132 s.
4. Osnovy raschyotov prochnostnoj nadyozhnosti special'nyh elementov konstrukcij avtomobilej i traktorov: uchebnoe posobie / G. V. Belikov. – Ul'janovsk : UIGTU, 2007. – 98 s.
5. Feodos'ev V.I. Soprotivlenie materialov: Uchebnik dlja vtuzov – 9-e izd., pererab. – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit. 1986. – 512 s.
6. Eremenko S.Yu. Metody konichnyh elementov v mehanike deformiruemyh tel. -H.: Izd-vo "Osnova" pri Har'kovskom universitete, 1991. - 272 s.
7. Glushenko A.D., Slivinskij E.V. Dinamika i prochnost' transportnoj sistemy dlja perevozki lyogkovesnyh грузов. Tashkent: Fan, 1988.166 s.

Шинкарев А. А.

Аспирант, Южно-Уральский государственный университет

# ТРЕХСТУПЕНЧАТОЕ УНИФИЦИРОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА

Аннотация

В статье представлен анализ нескольких фундаментальных математических моделей транспортных потоков, построенных на основе клеточного автомата, на предмет общих этапов и закономерностей. Также предложен подход реорганизации шагов моделей с целью получения унифицированного представления. Выделены ключевые особенности, полученные в результате декомпозиции.

**Ключевые слова:** моделирование, транспортный поток, клеточный автомат.

Shinkarev A. A.

Postgraduate student, South Ural State University

# THREE-STEPPED UNIFIED REPRESENTATION OF TRAFFIC FLOW MODELS BASED ON CELLULAR AUTOMATA

Abstract

This paper represents analysis of several fundamental traffic flow mathematical models based on the theory of cellular automata. This analysis covers common steps and regularity of viewed models. Also this paper provides an approach of models steps reorganization with an eye to create a unified representation. Also the article contains extracted key features of models as a result of decomposition.

**Keywords:** modeling, transport flow, cellular automata.

На сегодняшний день среди активно используемых подходов к моделированию транспортных потоков можно выделить направление, основанное на применении теории клеточных автоматов (ТКА). Основное отличие данного вида микромоделей заключается в относительной простоте поддержки, внедрения и анализа большинства из них.

Помимо простоты использования, также важным аргументом в пользу внедрения такого рода моделей является то, что можно вести расчеты в облаке одновременно на нескольких узлах кластера. Это осуществимо за счет того, что всех клетки переходят в новое состояние параллельно в конце итерации моделирования. Таким образом, возможен процесс параллельной обработки изменений состояния клеток автомата.

Основными моделями, на которых базировались дальнейшие исследования моделирования транспортных потоков с помощью КА, являются: Правило 184 [1], Модель Нагеля-Шрекенберга [2], модель медленного старта [3], модель Кернера-Клёнова-Вольфа [4] и др.

Однако все то многообразие моделей на основе ТКА, которые существуют на сегодняшний день, лишь частично согласуется друг с другом по способу формализации их поведения. Хотя на самом деле у многих из них много общего, хоть это и не бросается в глаза.

Рассмотрим перечисленные выше фундаментальные модели подробнее и попробуем проанализировать их на предмет общих этапов и закономерностей, которые могли бы помочь формализовать процесс построения правил, которые обновляют состояние клеток моделей на основе ТКА.

## Правило 184

Представим данную модель применимо к движению автомобилей по однополосной дороге с максимальной скоростью, которая равна одной ячейке за единицу времени

Математическую модель смены состояния клетки можно записать следующим образом, здесь и далее первоначальная формулировка моделей взята из работы [5]:

1. Ускорение и торможение

$$v_i(t) = \min(g_i(t-1), 1) \quad (1)$$

2. Перемещение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (2)$$

В формуле (1) комбинируется модификация скорости и валидация. Новым значением скорости  $v_i(t)$  становится  $g_i(t-1)$ . Здесь и далее  $v_i(t)$  — значение скорости в текущем такте,  $(t-1)$  — предыдущий такт работы автомата, а  $g_i$  — функция возвращающая расстояние от  $i$ -го транспортного средства (ТС) до едущего впереди. В качестве валидации выполняется проверка того, что полученная скорость не больше 1.

Формула (2) описывает перемещение текущего ТС вперед на количество ячеек равное новому значению скорости. Здесь и далее  $n_i$  — функция, возвращающая порядковый номер ячейки.

Теперь попробуем декомпозировать первый шаг на два: изменение скорости и валидацию. Модель примет следующий вид:

1. Ускорение и торможение

$$v_i(t) = g_i(t-1) \quad (3)$$

2. Валидация превышения скорости

$$\text{if } v_i(t) > 1 \text{ then } v_i(t) = 1 \quad (4)$$

3. Перемещение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (5)$$

## Модель Нагеля-Шрекенберга

Данная модель представляет собой стохастический многоклеточный автомат и имеет следующий вид:

1. Ускорение

$$v_i(t) = \min(v_i(t-1) + 1, v_{max}) \quad (6)$$

2. Торможение

$$v_i(t) = \min(v_i(t), g_i(t-1)) \quad (7)$$

3. Случайные возмущения

$$\text{if } \xi(t) < p \text{ then } v_i(t) = \max(v_i(t) - 1, 0) \quad (8)$$

4. Движение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (9)$$

В формуле (6), как и в случае с моделью Правило 184, модифицируется скорость и валидируется полученное значение. Здесь и далее  $v_{max}$  — максимальная скорость, которую может развить ТС. Разделим первый шаг данной модели на два:

1. Ускорение

$$v_i(t) = v_i(t-1) + 1 \quad (10)$$

2. Валидация превышения максимально допустимой скорости

$$\text{if } v_i(t) > v_{\max} \text{ then } v_i(t) = v_{\max} \quad (11)$$

За счет поведения описанного в формуле (7) исключается возможность столкновения с впереди едущим ТС, в случае если полученная на первом шаге скорость больше расстояния до впереди едущего ТС. Перепишем его, используя логическое условие, а не функцию минимума.

3. Валидация столкновения с впереди едущим ТС

$$\text{if } v_i(t) > g_i(t-1) \text{ then } v_i(t) = g_i(t-1) \quad (12)$$

Выражение (8) вносит элемент стохастичности, который позволяет моделировать различные случайные процессы, проходящие во время движения. Здесь и далее  $\xi$  — случайная величина, распределенная равномерно. Данное выражение также как и шаг ускорения модифицирует скорость и ограничивает новое значение скорости нулём снизу. Снова разобьём шаг на два:

4. Случайные возмущения

$$\text{if } \xi(t) < p \text{ then } v_i(t) = v_i(t) - 1 \quad (13)$$

5. Валидация снижения скорости до отрицательного значения

$$\text{if } v_i(t) < 0 \text{ then } v_i(t) = 0 \quad (14)$$

На данном этапе мы получили 2 пары шагов, состоящих из модификации скорости и валидации. Теперь сгруппируем шаги изменяющие скорость и валидирующие её новое значение. Перепишем полученную модель таким образом, чтобы за группой шагов модификации скорости шла группа шагов валидации:

1. Ускорение

$$v_i(t) = v_i(t-1) + 1 \quad (15)$$

2. Случайные возмущения

$$\text{if } \xi(t) < p \text{ then } v_i(t) = v_i(t) - 1 \quad (16)$$

3. Валидация снижения скорости до отрицательного значения

$$\text{if } v_i(t) < 0 \text{ then } v_i(t) = 0 \quad (17)$$

4. Валидация превышения максимально допустимой скорости

$$\text{if } v_i(t) > v_{\max} \text{ then } v_i(t) = v_{\max} \quad (18)$$

5. Валидация столкновения с впереди едущим ТС

$$\text{if } v_i(t) > g_i(t-1) \text{ then } v_i(t) = g_i(t-1) \quad (19)$$

6. Движение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (20)$$

Таким образом, в общем случае удаётся выделить 3 этапа работы моделей:

1. Применение шагов изменения скорости
2. Применение шагов валидации
3. Движение с новой скоростью

#### Модель медленного старта

Модели, рассмотренные выше, равно как и их аналоги имеют недостаток — они не способны воспроизводить явление резкого спада пропускной способности и эффект гистерезиса при переходе к фазе синхронизированного потока. Причина в слишком быстром оттоке автомобилей из образующихся заторов. Внедрение правила медленного старта (англ. *slow-to-start*) помогает сделать скорость оттока ТС из пробки меньше скорости притока.

Набор шагов модели, ограниченной скоростью в 1 ячейку за единицу времени, выглядит следующим образом:

1. Торможение

$$\text{if } v_i(t-1) > g_i(t-1) \text{ then } v_i(t) = g_i(t-1) \quad (21)$$

2. Запоздавающее ускорение

$$\text{if } v_i(t-1) = 0 \text{ and } g_i(t-1) \geq 2 \text{ then } v_i(t) = 1 \quad (22)$$

3. Движение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (23)$$

Согласно предложенной стратегии декомпозиции и группировки шагов на три этапа представим данную модель в следующем виде:

1. Ускорение

$$v_i(t) = 1 \quad (24)$$

2. Валидация преждевременного ускорения

$$\text{if } v_i(t-1) = 0 \text{ and } g_i(t-1) < 2 \text{ then } v_i(t) = 0 \quad (25)$$

3. Валидация столкновения с впереди едущим ТС

$$\text{if } v_i(t) > g_i(t-1) \text{ then } v_i(t) = g_i(t-1) \quad (26)$$

4. Движение

$$n_i(t) = n_i(t-1) + v_i(t) \quad (27)$$

#### Вывод

Проанализировав рассматриваемые модели, можно выделить следующие ключевые особенности:

1. Все модели имеют один или более шагов изменения скорости
2. Ограничительные функции, используемые совместно с изменением скорости, можно выделить в шаги валидации
3. Представление всех моделей можно унифицировать, не изменив поведение
4. Последний шаг всех моделей — шаг движения

Результатом декомпозиции и анализа можно считать введение понятия трехступенчатого унифицированного представления математических моделей транспортных потоков на основе клеточного автомата. Полученное представление состоит из следующих этапов: изменение скорости, валидация, движение.

Важно отметить, что в результате декомпозиции и приведения модели к единообразному представлению в общем случае увеличивается количество шагов.

В данной работе рассмотрено недостаточное количество моделей, чтобы утверждать, что данный подход применим и оправдан во всех случаях.

В рамках дальнейших исследований планируется изучить другие виды моделей, которые возможно будет сложнее формализовать подобным образом, например модель Кернера-Клёнова-Вольфа [4].

#### Литература

1. Krug J., Spohn H. Universality classes for deterministic surface growth // Phys. Rev. A. 1988.—October. Vol. 38. Pp. 4271–4283.
2. Nagel K., Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic // J. Phys. I France. 1992. Vol. 2. Pp. 2221–2229.
3. Takayasu M., Takayasu H. 1/f noise in a traffic model // Fractals. 1993. Vol. 4, №. 1. Pp. 860–866.
4. Kerner B. S., Klenov S. L., Wolf D. E. Cellular automata approach to threephase theory. URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0206370v4> (дата обращения 01.02.2015).

5. Долгушин Д. Ю. Применение клеточных автоматов к моделированию автотранспортных потоков. URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/epd624.pdf> (дата обращения 01.02.2015).

#### References

1. Krug J., Spohn H. Universality classes for deterministic surface growth // Phys. Rev. A. 1988.–October. Vol. 38. Pp. 4271–4283.
2. Nagel K., Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic // J. Phys. I France. 1992. Vol. 2. Pp. 2221–2229.
3. Takayasu M., Takayasu H. 1/f noise in a traffic model // Fractals. 1993. Vol.4, №. 1. Pp. 860–866.
4. Kerner B. S., Klenov S. L., Wolf D. E. Cellular automata approach to threephase theory. URL: <http://arxiv.org/abs/cond-mat/0206370v4> (data obrashheniya 01.02.2015).
5. Dolgushin D. Ju. Primenenie kletochnyh avtomatov k modelirovaniyu avtotransportnyh potokov. URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/epd624.pdf> (data obrashheniya 01.02.2015).

**Макаров В.Ф.<sup>1</sup>, Ширинкин В.В.<sup>2</sup>, Мешкас А.Е.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор <sup>2</sup>Аспирант, <sup>3</sup>Аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

#### **ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

##### *Аннотация*

*В статье рассмотрены проблемы обработки композиционных материалов и динамика развития технологических Авторами изучено применение роботизированной техники для повышения производительности процесса сверления композиционного материала, на основе полимерного связующего. Затронутые в статье проблемы мало изучены и требуют дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** композиционный материал, обработка, роботизированный комплекс.

**Makarov V.F.<sup>1</sup>, Shirinkin V.V.<sup>2</sup>, Meshkas A.E.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, professor <sup>2</sup>Aspirant, <sup>3</sup>Aspirant, Perm National Research Polytechnic University

#### **PROBLEMS MACHINING CUTTING SOUND-ABSORBING STRUCTURES FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS AND DYNAMICS OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS.**

##### *Abstract*

*The article deals with the problem of processing of composite materials and the dynamics of technological solutions. Author researched the use of robotic technology to improve drilling process efficiency of composite material based on a polymer binder. Problems, which were analyzed in the article, are poorly researched and require further studies.*

**Keywords:** composite material, machining cutting, robotic complex.

Актуальным и востребованным направлением модернизации авиационно-космической продукции на сегодняшний день является применение полимерных композиционных материалов в отработанных вариантах конструкций из металлических материалов. Прогрессивные свойства композиционных материалов позволяют зачастую значительно повысить эксплуатационные характеристики конечного продукта. Также особенности, технологического процесса получения деталей из полимерных композиционных материалов, позволяющие, как правило, уменьшить объем последующей механической обработки, путем получения сложных профильных поверхностей при формовании деталей. В настоящее время в связи с поэтапно вводимыми санкциями еще более актуальными становятся вопросы как проектирования и изготовления композиционных материалов так и их обработки.

Но, несмотря на то, что получаемые в процессе полимеризации детали и сборочные единицы имеют окончательно сформированный профиль, потребность в механической обработке остается. Наиболее распространенными методами обработки композиционных материалов является механическая (лезвийная) обработка. Одной из основных причин ограниченного применения немеханических методов формообразования отверстий, таких как гидравлическая струйная, электрофизическая или лазерная обработки заключается в том, что многие детали и сборочные единицы имеют требования по обеспечению формообразования глухих отверстий. Второй, немаловажной, причиной является негативное влияние на композиционный материал воды или других жидкостей и высоких температур.

При механической обработке, на высоких скоростях резания (свыше 20м/мин, при сверлении отверстий диаметром до 6мм), происходит резкое увеличение температуры в зоне резания, что приводит к изменению структуры матрицы и налипанию связующих смол на режущие кромки инструмента, ухудшению отвода теплоты из зоны резания, повышенному износу режущего инструмента и разрушению ПКМ в зоне резания. По результатам исследования снижение механических свойств ПКМ марок ВПС-33, ВПС-34 и ПУ-4Э-2М начинается, в среднем, при температурах выше 150 °С. [1]

Присутствие полимерных веществ в материале и их разрушение, возникающая под действием механических усилий и термических воздействий, приводит к уникальным явлениям, которые возникают в зоне резания.

В общем случае, характер процесса резания определяется видом использованной основы (наполнителя). Для всех видов волокон характерно линейно-упругое деформирование с последующим разрушением. Углеродное волокно и стекловолокно отличаются хрупкостью при разрыве под действием различных нагрузок: изгибающих, растягивающих и срезающих.

Механическая лезвийная обработка конструкций из ПКМ, как правило, заключается в снятии технологического припуска по контуру детали, поверхностном фрезеровании, перфорировании поверхности, сверлении отверстий и точении. Процесс лезвийной механической обработки конструкций из ПКМ значительно отличается от обработки традиционных металлических конструкций, представляя собой, в сущности, стирание материала.

По данным ученых Барнаульского Государственного Технического Университета, при сверлении композитов, распределение упругих отжатий отличается от упругих деформаций при сверлении металлов: в зависимости от направления, плотности армирующих волокон, общего характера распределения фаз волокно – наполнитель, упругие деформации в различных направлениях различны. Это может привести к возникновению достаточно больших отклонений от заданной геометрической формы обрабатываемой поверхности [2].

К инструменту для обработки деталей из углепластиков, стеклопластиков, сотовых и трубчатых конструкций предъявляются высокие специфические требования. Проблемы, характерные для обработки деталей из ПКМ: расслоение деталей, перегрев, образование заусенцев, абразивный износ режущего инструмента. Свойства полимерных матриц не оказывают прямого влияния на выбор режущего инструмента. Процесс резания матрицы характеризуется низким модулем упругости, малой прочностью, высоким относительным удлинением при разрыве и, что важнее всего, низкой термостойкостью полимеров. Последняя существенно ограничивает допустимую производительность резания всего композиционного материала с полимерным связующим. Принимая во внимание, что расплавленный материал матрицы может налипать на режущую кромку инструмента и как следствие ухудшать отвод теплоты и повышать скорость износа инструмента. При подборе оптимального режущего инструмента основное значение имеет вид наполнителя полимерного композиционного материала. Для углепластиков и стеклопластиков рекомендуется

использовать режущий инструмент, изготовленный с применением вольфрамокобальтовых сплавов, аналогичных покрытий и режущий инструмент с применением алмазов. Примеры режущего инструмента, изготовленного с применением алмазов, представлены на рис. 1. [3]



Рис. 1 - Бор с алмазным покрытием (гальваническое) фирмы Supfig, с диаметром рабочей части - 2,0 мм, алмазный порошок от 80/63 до 125/100 мкм (изображен слева) и бор со спеченной алмазной головкой диаметром рабочей части - 1,6 мм, характеристики алмазного порошка 160/125 или 200/160 мкм (изображен справа)

Одним из перспективных направлений производства изделий из полимерных композиционных материалов является изготовление конструкций обладающие свойствами заглушать шумы. Благодаря этому свойству конструкции из полимерных композиционных материалов, организовано производство звукопоглощающих панелей для авиационных двигателей типа ПС-90, ПС-90-А, ПС-90А2, ПД-14 и др.

Звукопоглощающие конструкции содержат множество отверстий, большую часть которых составляют отверстия  $\varnothing 1,6$  Н16 и  $\varnothing 2$  Н16. Отверстия  $\varnothing 1,6$  Н16 и  $\varnothing 2$  Н16 имеют зависимые позиционные допуски и предназначены для обеспечения снижения звукового давления вызываемого работой авиационного двигателя (см. рис. 2).

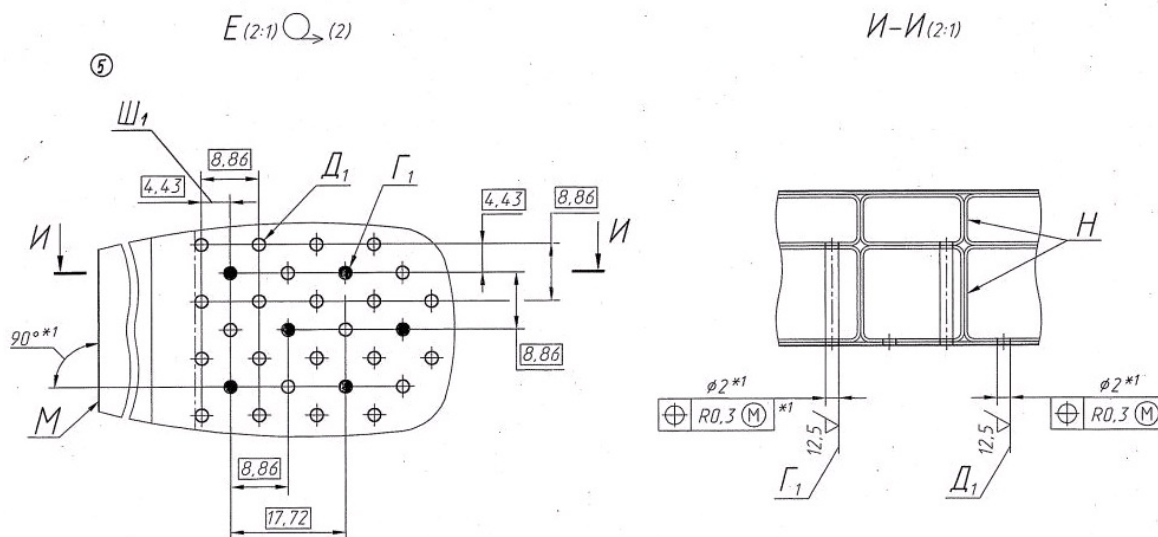


Рис. 2. - Схема расположения отверстий  $\varnothing 2$  Н16 с зависимыми позиционными допусками на сборочной единице двигателя ПС-90-А2

Основными материалами кожухов является препрег стеклотекстолита марки ВПС-33 и препрег на основе углеродной ленты ПУ-4э-2м. Препрег стеклотекстолита марки ВПС-33 получается путем пропитки стеклоткани марки Т-10-14 или Т-10-80 по ГОСТ 19170 эпоксидным связующим марки ЭНФБ-2м по ТУ 1-595-25-494. Препрег предназначен для изготовления средне- и слабонагруженных деталей и агрегатов, работающих в интервале температур от минус 60°C до плюс 100°C. Препрег ПУ-4э-2м представляющий собой углеродную ленту ЭЛУР-П-А, ЭЛУГ-0,08ПА по ГОСТ 28006, пропитанную эпоксидным связующим ЭНФБ-2м и предназначенный для изготовления деталей и агрегатов конструкционного назначения, работающего в интервале температур от минус 60°C до плюс 150°C.[4]

В рассматриваемых кожухах основной трудностью в рамках выполнения требований к качеству отверстий  $\varnothing 1,6$  и 2,0 мм является перерезание материала перегородок ячеек и как следствие поломка режущего инструмента и попадание фрагментов режущего инструмента во внутренние полости конструкции. Данная ситуация возникает из-за необходимости обеспечения требований позиционного расположения отверстий  $\varnothing 1,6$  и 2,0 мм и невозможность обеспечения точного позиционирования режущего инструмента перпендикулярно плоскости детали при сверлении с применением машина сверлильная, ручная, пневматическая, марки СМ 21-6-12000. В связи с этим, также, существует актуальная проблема по повышению производительности процесса перфорации кожухов и влияния вредных факторов на человека.

Этапы решения вышеуказанных проблем выглядят следующим образом:

1. При сверлении отверстий  $\varnothing 1,6$  и 2,0мм., используют сверла марки у/xb REF 1016 (HSSCO), производства компании IZAR (Испания) [5] и пневматическую, ручную дрель марки СМ 21-6-12000.

2. В ходе опытно промышленных испытаний, эмпирическим путем определена оптимальная скорость резанья, с применением сверл фирмы IZAR которая составила 6000 об/мин при ручной подаче (не является постоянной). При перфорации с использованием ручной дрели марки СМ 21-6-12000 одним сверлом марки у/xb REF 1016 (HSSCO), в среднем, удается просверлить

155-195 отверстий, соответствующих требованиям конструкторской документации. При перфорации отверстий, выполняемой на роботизированном комплексе фирмы «KUKA», одним сверлом марки u/xb REF 1016 (HSSCO), в среднем, удастся просверлить 1990-2010 отверстий, соответствующих требованиям конструкторской документации. Необходимо отметить, что при использовании роботизированного комплекса кроме существенного повышения производительности производственного процесса, исключается проблема поломки сверл и наличия посторонних предметов в элементах конструкции. Это обеспечивается точным (перпендикулярным) позиционированием шпинделя относительно плоскости обрабатываемой поверхности.

3. Следующим этапом является проведение опытно-промышленных испытаний на образцах, с целью подбора режущего инструмента, работающего на максимальных скоростях резания, возможных для роботизированного комплекса KUKA и отработка операций фрезерования для повышения эффективности производственного процесса в целом.

#### **Литература**

1. Отчет по НИР №934-051-011-2010 «Исследование прочности и устойчивости трубчатых панелей из стекло- и углепластиков», с. 4
2. Марков А.М. Технологические особенности механической обработки деталей из композиционных материалов. // журнал «Научно-технические технологии в машиностроении». М., Издательство «Машиностроение», №7(37), 2014, с.3-8
3. Официальный сайт URL: <http://www.sapphire.ru> (дата обращения 20.03.2015)
4. Выписки из требований ТУ1-595-10-846 на препрег ВПС-33 и ТУ 1-595-43-500-96 на препрег ПУ-4э-2м.
5. Official website “IZAR CUTTING TOOLS” URL: <http://www.izartool.com/es//productos.html> (дата обращения 20.03.2015)

#### **References**

1. Otchet po NIR №934-051-011-2010 «Issledovanie prochnosti i ustojchivosti trubchatyh panelej iz steklo- i ugleplastikov», s. 5,6
2. Markov A.M. Tehnologicheskie osobennosti mehanicheskoy obrabotki detalej iz kompozicionnyh materialov. // zhurnal «Nauchno-tekhnologičeskie tehnologii v mashinostroenii». M., Izdatel'stvo «Mashinostroenie», №7(37), 2014, s.3-8
3. Oficial'nyj sajt URL: <http://www.sapphire.ru> (data obrashhenija 20.03.2015)
4. Vypiski iz trebovanij TU1-595-10-846 na prepreg VPS-33 i TU 1-595-43-500-96 na prepreg PU-4je-2m.
5. Official website “IZAR CUTTING TOOLS” URL: <http://www.izartool.com/es//productos.html> (data obrashhenija 20.03.2015)