

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2017



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
Сайт: www.research-journal.org

**№ 03 (57) 2017
Часть 4
Март**

Подписано в печать 17.03.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26180.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам I заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

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

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

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: 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: Мазилев 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, Свиштунов 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.ист.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, 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: Тринева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ, НАКАПЛИВАЕМЫХ ЩЕБЕНОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В ПОКРЫТИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ	6
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВАЖНОСТИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ ПО КРИТЕРИЯМ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ	12
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	16
ТЕХНОЛОГИЯ RFID И БУДУЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЧАСТОТНОЙ ЭТИКЕТКИ.....	20
АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ДОЛГОСРОЧНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В СРЕДЕ MATLAB	22
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА НА УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ	29
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК.....	32
ПОРОШКОВО-АКТИВИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ – МНОГОУРОВНЕВО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ	37
ПРИМЕНЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕНЗОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ QOS В SDN	40
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА В КОЛЛЕКТОРАХ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ.....	46
ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЕРА ЛОПАТКИ ДЛЯ КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (ГТД).....	52
СЕМАНТИКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР В СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ РЕШЕНИЯХ	55
ПЕЛЕНГАЦИОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МОДУЛЯ МЕЖСПУТНИКОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ	59
РЕМОНТ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАКЛАДНЫХ ЛИСТОВ	65
РАЗРАБОТКА ТРОРОЖНОГО ПРОДУКТА В СОСТАВЕ ПАЙКОВ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РФ	70
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	73
ВЫДЕЛЕНИЕ НАФТАЛИНА ИЗ ОСТАТКОВ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ МЕТОДОМ СВЕРХЧЕТКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ	80
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	85
ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ШНЕКА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА	90
РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕРНА ЗА ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ.....	96
ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕРИЕЙ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ.....	103
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИБРОБЕТОНА	107
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ КАЛИБРОВ-ПРОБОК.....	110

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERINGDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.020>

Александров А.С.

ORCID: 0000-0003-2009-5361, Кандидат технических наук,

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ, НАКАПЛИВАЕМЫХ ЩЕБЕНОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В ПОКРЫТИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ**Аннотация**

Применением интегральных уравнений наследственных теорий получены формулы, позволяющие вычислять необратимые деформации, накапливаемые щебеночными материалами, используемыми в конструктивных слоях покрытий и оснований дорожных одежд сельскохозяйственных автомобильных дорог. Этот подход позволил получить логарифмические модели с одним и двумя параметрами материала, а также степенные модели, включающие в себя два или три параметра материала. Для определения параметров материала степенных и логарифмических моделей анализируются данные трехосных испытаний щебеночных материалов, выполненные в динамических приборах трехосного сжатия, позволяющих исследовать процесс накопления остаточной деформации в условиях воздействия повторных нагрузок.

Ключевые слова: сельскохозяйственная дорога, остаточная деформация, трехосное сжатие.

Aleksandrov A.S.

ORCID: 0000-0003-2009-5361, PhD in Engineering,

Siberian State Automobile and Highway Academy

MODELING PERMANENT DEFORMATION ACCUMULATES IN THE COATED MACADAM MATERIALS FARM ROADS**Abstract**

Application of integral equations of the theory of heredity derive formulas allowing to calculate the irreversible deformation accumulated crushed stone materials used in structural layers of coatings and bases of road clothes of farm roads. This approach yielded logarithmic model with one or two parameters of the material and the degree of the model, including two or three parameters of the material. To determine the parameters of the material power and logarithmic models analyzes data triaxial crush materials made in dynamic devices triaxial, allowing to explore the process of accumulation of permanent deformation under the effect of repeated loads

Keywords: farm road, permanent deformation, triaxial compression.

Потребительские свойства автомобильной дороги зависят от ровности покрытий, что обуславливает актуальность работ, направленных на прогнозирование изменения ровности покрытий. Глубина неровности в рассматриваемой точке определяется разностью необратимых перемещений поверхности покрытия в этой точке и в точке с наименьшим остаточным смещением [1, С. 46]. Например, глубина колеи в точке, расположенной в пределах полосы наката, определяется разностью остаточных смещений покрытия в этой точке и в точке, расположенной за пределами полосы наката, в которой величина остаточного перемещения поверхности покрытия минимальна. Так как максимальная величина остаточной деформации накапливается в центре полосы наката, то критерий расчета дорожной одежды по ограничению глубины колеи можно записать в виде [1, С. 46]:

$$S_{\text{пmax}} - S_{\text{пmin}} \leq h_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{пmax}}$ – максимальная величина необратимого перемещения поверхности покрытия в сечении расположенном в центре полосы наката, в котором имеет место максимальное число проездов транспортных нагрузок, мм; $S_{\text{пmin}}$ – минимальная величина необратимого перемещения поверхности покрытия в сечении расположенном за пределами полосы наката, в котором имеет место наименьшее число проездов транспортных нагрузок, мм; $h_{\text{пр}}$ – предельная глубина колеи, ограничиваемая нормативными документами.

Величину остаточного перемещения поверхности покрытия можно определить суммой необратимых смещений, испытываемых конструктивными слоями и земляным полотном. В сечении по оси симметрии нагрузки остаточное перемещение любого i -го конструктивного слоя и земляного полотна вычисляется интегрированием функции необратимой деформации по глубине зоны ее распространения [2, С. 70-72]. Такое решение задачи сводится к интегральному уравнению:

$$S_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n \int_{z_{\text{н}}}^0 \varepsilon[\sigma_1(z); \sigma_2(z); \sigma_3(z); a(z), b(z), c(z) \dots m(z); N; t] dz, \quad (2)$$

где $z_{\text{н}}$ – расстояние от точки, расположенной на поверхности слоя в сечении по оси симметрии нагрузки до точки, ограничивающей зону распространения необратимых деформаций, расположенной в этом же сечении, мм; $\sigma_1(z)$, $\sigma_2(z)$, $\sigma_3(z)$ – максимальное и минимальные главные напряжения (в сечении по оси симметрии нагрузки $\sigma_2 = \sigma_3$, а $\sigma_1 > \sigma_2$ и $\sigma_1 > \sigma_3$), Па; $a(z)$, $b(z)$, $c(z) \dots m(z)$ – параметры материалы, представляющие собой функцию физических параметров материала, изменяющихся с глубиной; N – число повторных нагрузок в рассматриваемом сечении; t – время воздействия одной нагрузки, с.

Таким образом, определение подынтегральной функции уравнения (2) является важной задачей прогнозирования изменения ровности дорожной конструкции.

Математическое моделирование пластической деформации в условиях трехосного сжатия дискретных материалов

и воздействия повторных (циклических) нагрузок является целью работ, выполняемых во всем мире. Особенностью таких моделей является представление, накапливаемой пластической деформации ε_N , произведением функции числа нагрузок $f(N)$ и деформации ε_n , накапливаемой от сравнительно малого числа повторных нагрузок n ($n \ll N$). То есть

$$\varepsilon_N = \varepsilon_n \cdot f(N). \quad (3)$$

При подборе эмпирических формул (3) количество нагрузок принимают в пределах $n=1 \dots 10^3$, а $N=10^5 \dots 10^6$ и более. Испытания образцов из грунтов и щебеночных материалов выполняют при помощи динамических приборов трехосного сжатия [3, С. 27].

В настоящее время получены логарифмические, степенные и экспоненциальные функции количества нагрузок, используемые в моделях типа (3). Предложение использовать логарифмические зависимости для прогнозирования величины пластической деформации принадлежит Р.Д. Барксейлу [4, С. 164]. Г. Свери в своей диссертации [5, С. 54] предложил использовать степенные функции, которые получили развитие в работах [6, С. 278], [7, С. 45]. Экспоненциальные зависимости использованы в работах [8, С. 252], [9, С. 1138].

Точность этих зависимостей обуславливается числом нагрузок N , от воздействия которых выполняется прогнозирование накапливаемой деформации ε_N . При сравнительно малом числе приложенных нагрузок $N \leq 10^3$ наилучшее приближение дают экспоненциальные функции. При числе нагрузок, варьирующемся в диапазоне $10^3 > N \geq 10^5$, наибольшей точностью обладают логарифмические зависимости. Степенные зависимости позволяют с наибольшей точностью прогнозировать пластические при числе нагрузок $10^5 > N \geq 3 \cdot 10^6$, вследствие чего наиболее пригодны для расчетов деформаций материалов дорожных конструкций. Кроме того, степенные функции позволяют получать результаты с приемлемой точностью и для меньшего числа нагрузок.

Вследствие зависимости точности расчета пластических деформаций от числа повторных нагрузок для каждого типа функций можно указать область применения. Например, логарифмические функции могут быть использованы для расчета пластических деформаций материалов и грунтов, применяемых в дорожных конструкциях, на дорогах IV или V технических категорий. Степенные функции нужно применять при прогнозе деформаций материалов и грунтов для дорог I–III технических категорий. Экспоненциальные функции для наших целей не применимы.

Выполненный обзор показывает, что математическое моделирование пластического деформирования материалов и грунтов выполняется подбором эмпирических формул. Обилие эмпирических формул и отсутствие теоретического обоснования приводит к затруднениям при выборе математической модели. В силу того, что такая формула является подынтегральной функцией уравнения (1), то решение задачи о пластическом смещении поверхности покрытия, а значит и глубине неровности так же затруднено.

Поэтому автор поставит задачу поиска теоретического решения, которое позволит получить обобщающую математическую модель для ряда известных эмпирических формул.

Анализ данных лабораторных трехосных динамических испытаний позволяет сделать вывод, что величина наблюдаемой пластической деформации, приобретаемой образцом при реализации N -ой по счету нагрузки, зависит как от этой, так и от всех предшествующих нагрузок. Следовательно, пластическое деформирование материалов и грунтов при приложении повторных нагрузок имеет наследственный характер. Поэтому для математического моделирования таких пластических деформаций можно воспользоваться интегральными уравнениями теории ползучести, в которых функция времени должна быть заменена функцией числа нагрузок.

Анализируя деформирование материалов и грунтов, отметим, что в процессе каждого приложения нагрузки пластическая деформация увеличивается во времени, то есть непрерывно возрастает от начала к концу воздействия рассматриваемой нагрузки. Таким образом, процесс накопления пластических деформаций можно считать непрерывным, а для их расчета можно выполнить интегрирование по числу нагрузок. Подынтегральные выражения примем в виде степенных функций, определяющих приращение пластической деформации от нагрузки с порядковым номером n . Тогда ядра интегральных уравнений дадим в виде:

$$\Delta \varepsilon_{мп} = a \cdot n^{-1}; \quad \Delta \varepsilon_{вп} = a \cdot n^{-1}, \quad (4)$$

$$\Delta \varepsilon_{мп} = b \cdot n^c; \quad \Delta \varepsilon_{вп} = b \cdot n^c, \quad (5)$$

где $\Delta \varepsilon_{мп}$ и $\Delta \varepsilon_{вп}$ – соответственно мгновенная и вязкопластическая деформации возникающие от нагрузки с порядковым номером n ; a , b и c – параметры модели, учитывающие вид материала и величину напряжений.

Тогда интегральные уравнения дадим в виде:

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{мпn} + \varepsilon_{впn}) \cdot \left[1 + a \cdot \int_1^N n^{-1} dn \right], \quad (6)$$

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{мпn} + \varepsilon_{впn}) \cdot \left[1 + b \cdot \int_1^N n^c dn \right], \quad (7)$$

Проинтегрировав (6), получим

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{мпn} + \varepsilon_{впn}) \cdot \left[1 + a \cdot \left(\ln \frac{N}{n} \right) \right], \quad (8)$$

где $\varepsilon_{мпn}$ и $\varepsilon_{впn}$ – мгновенная и вязкая составляющие пластической деформации, накапливаемой при воздействии n -го числа нагрузок ($n \ll N$); a – параметр логарифмической модели, учитывающий величину напряжений, вид материала и показатели его физических свойств (плотность, влажность и т.п.).

Взяв интеграл от (7), имеем

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{МПп} + \varepsilon_{ВПп}) \cdot \left[1 + b \cdot \frac{N^{c+1} - n^{c+1}}{c+1} \right], \quad (9)$$

где b и c – параметры степенной модели, учитывающие те же факторы, что и параметр a в модели (8).

Если число нагрузок n сравнительно мало и составляет $n=10$; $n=100$ или $n=200$, то связь составляющих $\varepsilon_{МПп}$ и $\varepsilon_{ВПп}$ пластической деформации с этим числом нагрузок и остаточными деформациями от первого воздействия нагрузки целесообразно искать в виде

$$\varepsilon_{МПп} + \varepsilon_{ВПп} = (\varepsilon_{МП1} + \varepsilon_{ВП1}) \cdot \left[1 + d \cdot \int_1^n n^{-1} dn \right]. \quad (10)$$

Взяв интеграл (10), получим

$$\varepsilon_{МПп} + \varepsilon_{ВПп} = (\varepsilon_{МП1} + \varepsilon_{ВП1}) \cdot [1 + d \cdot (\ln n)]. \quad (11)$$

Учитывая выражение (11) в формулах (8) и (9), эти модели приводим к виду:

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{МП1} + \varepsilon_{ВП1}) \cdot [1 + d \cdot (\ln n)] \cdot \left[1 + a \cdot \left(\ln \frac{N}{n} \right) \right]. \quad (12)$$

$$\varepsilon_N = (\varepsilon_{МП1} + \varepsilon_{ВП1}) \cdot [1 + d \cdot (\ln n)] \cdot \left[1 + b \cdot \frac{N^{c+1} - n^{c+1}}{c+1} \right]. \quad (13)$$

Область применения моделей (12) и (13), а так же их параметры a , b , c и d необходимо устанавливать на основе анализа экспериментальных данных по трехосному сжатию материалов и грунтов циклической нагрузкой. При этом из всего многообразия опытных данных для решаемой задачи пригодны только те, которые получены при достаточно большом числе приложений нагрузки $N > 10^5$. Такие эксперименты выполняются за рубежом при помощи динамических приборов трехосного сжатия. Конструкции приборов трехосного сжатия и методы экспериментальных испытаний отличаются многообразием. Поэтому анализ таких приборов и экспериментальных методов заслуживает рассмотрения в отдельной статье. В настоящей публикации автор ограничится данными С. Веркемейстер [10], представленными на рис. 1 и рис. 2.

Анализируя данные рис. 1 и рис. 2, а так же подобные им зависимости, автор определил коэффициенты моделей (12) и (13). Здесь оговорим, что экспериментальные данные о пластическом деформировании материалов при воздействии циклических нагрузок получены другими специалистами, а значения коэффициентов a , b , c и d установлены автором по данным этих испытаний. Поэтому представленные ниже таблицы с коэффициентами a , b , c и d являются новыми, но вычисленными из известных экспериментальных данных.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов n , a и d модели (12) для расчета деформации, накапливаемой щебеночным материалом из гранита или гнейса.

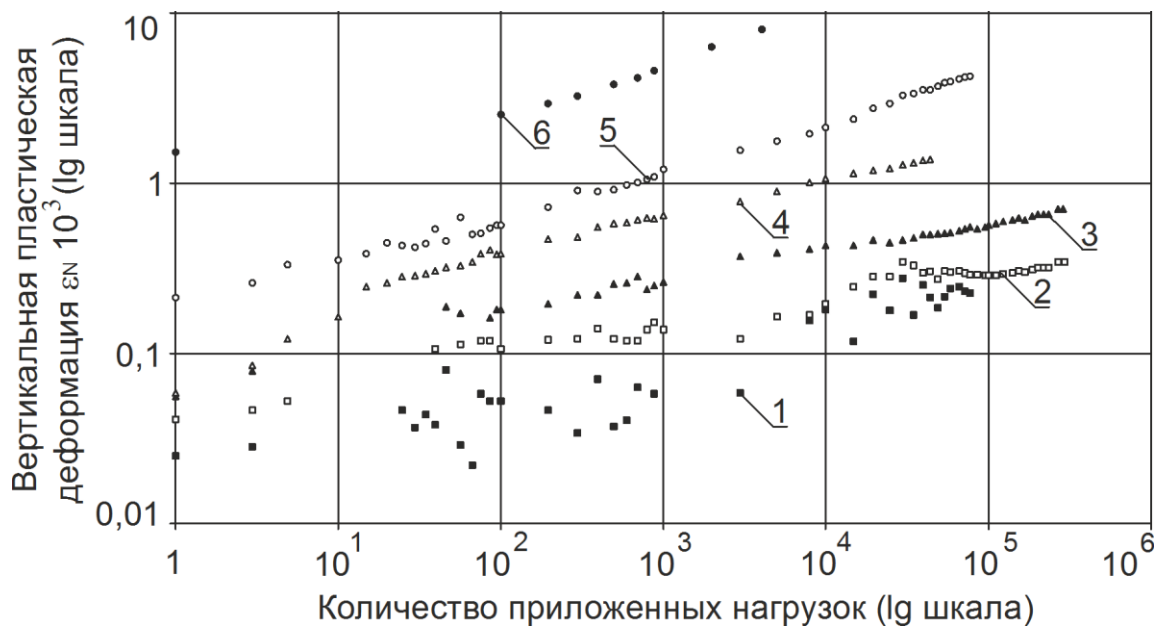


Рис. 1 – Зависимость вертикальной пластической деформации ГЩ от числа нагрузок и напряжений при $\sigma_3=40$ кПа по данным [10]:
1 - 6 - при $(\sigma_1-\sigma_3)$ 40; 80; 120; 160; 200 и 360 кПа; при $\sigma_3=40$ кПа

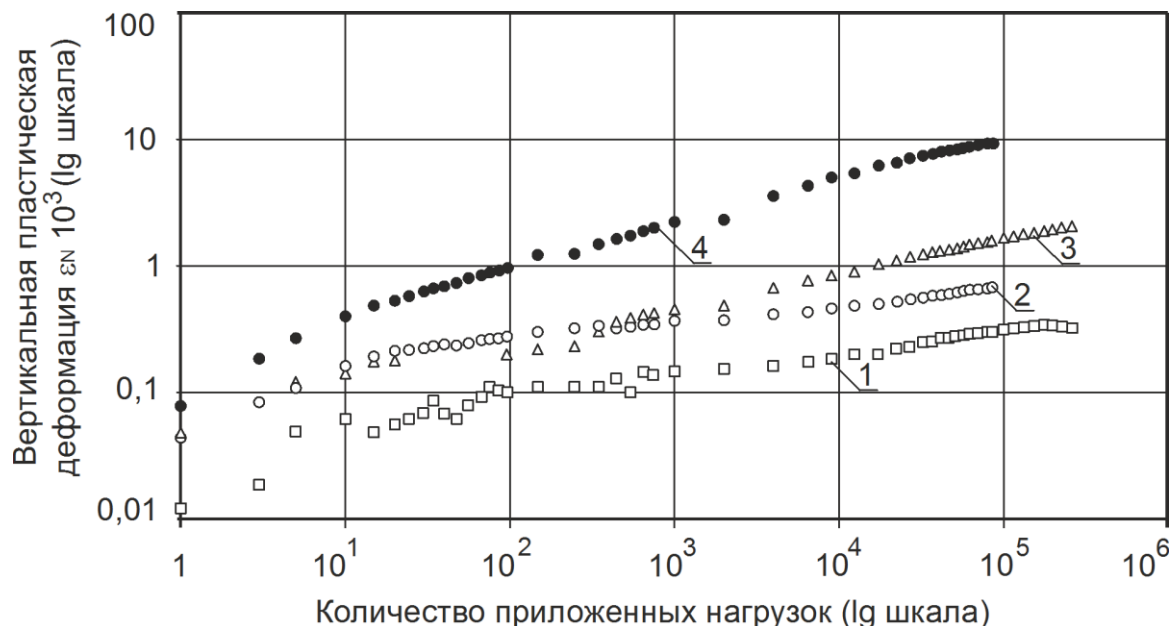


Рис. 2 – Зависимость вертикальной пластической деформации ПГС от числа нагрузок и напряжений при $\sigma_3=40$ кПа [10]
1 - 4 - при $(\sigma_1-\sigma_3)$ 40; 80; 120; и 160 кПа; при $\sigma_3=40$ кПа

Таблица 1 – Параметры модели (12) для расчета остаточной деформации, накапливаемой образцом из гранитного или гнейсового щебня

Характеристика $(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3$	Параметры модели (12)		
	n	d	a
1,5	100	1,0134	0,3722
1,94	100	4,3009	0,2895
2,83	100	3,1082	0,2141
4,6	100	0,8723	0,415

В табл. 2 и 3 приведены значения коэффициентов n , c , b и d модели (13) для расчета остаточной деформации, накапливаемой образцом из песчано-гравийной смеси.

Таблица 2 – Параметры b и c модели (13) для расчета остаточной деформации, накапливаемой образцом из песчано-гравийной смеси

Характеристика $(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3$	Параметр n	$\sigma_3 \leq 40$ кПа		$\sigma_3 = 70$ кПа		$\sigma_3 \geq 210$ кПа	
		b	c	b	c	b	c
$\leq 0,5$	100	–	–	–	–	0,073	-0,84
1	100	0,072	-0,832	0,085	-0,818	0,071	-0,865
1,5	100	–	–	0,071	-0,809	0,074	-0,742
2	100	0,065	-0,871	0,060	-0,915	0,056	-0,741
3	100	0,079	-0,699	0,071	-0,861	–	–
4	100	0,072	-0,656	0,079	-0,805	–	–
≥ 5	100	–	–	0,046	-0,505	–	–

Таблица 3 – Параметр d модели (13) для расчета остаточной деформации, накапливаемой образцом из песчано-гравийной смеси

Характеристика $(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3$	$\sigma_3 \leq 40$ кПа	$\sigma_3 = 70$ кПа	$\sigma_3 \geq 210$ кПа
$\leq 0,5$	1,734	0,895	0,378
1	1,566	0,883	0,611
1,5	1,397	0,871	0,770
2	1,229	0,920	0,644
3	0,682	0,887	0,611
4	2,457	2,295	2,019
≥ 5	2,213	2,050	1,774

Аналогичные коэффициенты определены автором для расчета деформаций, накапливаемых грунтами и щебеночными материалами из различных пород (диабаз, гранодиорит, известняк, доломит и др.). Спектр материалов, к которым применимы модели (12) и (13) и для которых определены параметры моделей, велик. Поэтому для освещения параметров моделей (12) и (13) для различных материалов и разновидностей грунтов целесообразно посвятить отдельную публикацию, являющейся продолжением этой работы. В настоящей статье ограничимся данными, представленными в табл. 1 – табл. 3, а так же сопоставлением результатов расчета деформации, накапливаемой песчано-гравийной смесью с экспериментальными данными. Такое сопоставление приведено на рис. 3. Данные эксперимента и результаты расчета получены при величине минимального главного напряжения 40 кПа.

Из анализа данных рис. 3 следует, что предлагаемая нами обобщающая степенная модель (13) позволяет прогнозировать процесс накопления пластической деформации с приемлемой точностью. Точность модели (12) так же можно считать удовлетворительной.

Исследование зависимости параметров материала, характеризующих их деформирование, от показателей физических свойств выполнено в работах [21, С. 11] и [12, С. 452]. Использование данных, полученных в этих работах, позволит определить зависимость параметров $a(z)$, $b(z)$, $c(z) \dots m(z)$ формулы (2) от глубины. В этом случае подынтегральное выражение уравнения (2) превращается в сложную функцию. Для вычисления определенного интеграла сложной функции можно воспользоваться квадратурными формулами Симпсона, Ньютона–Котеса, Уэддл и т.п. Таким образом, вычисление определенного интеграла сложной функции не представляет затруднений.

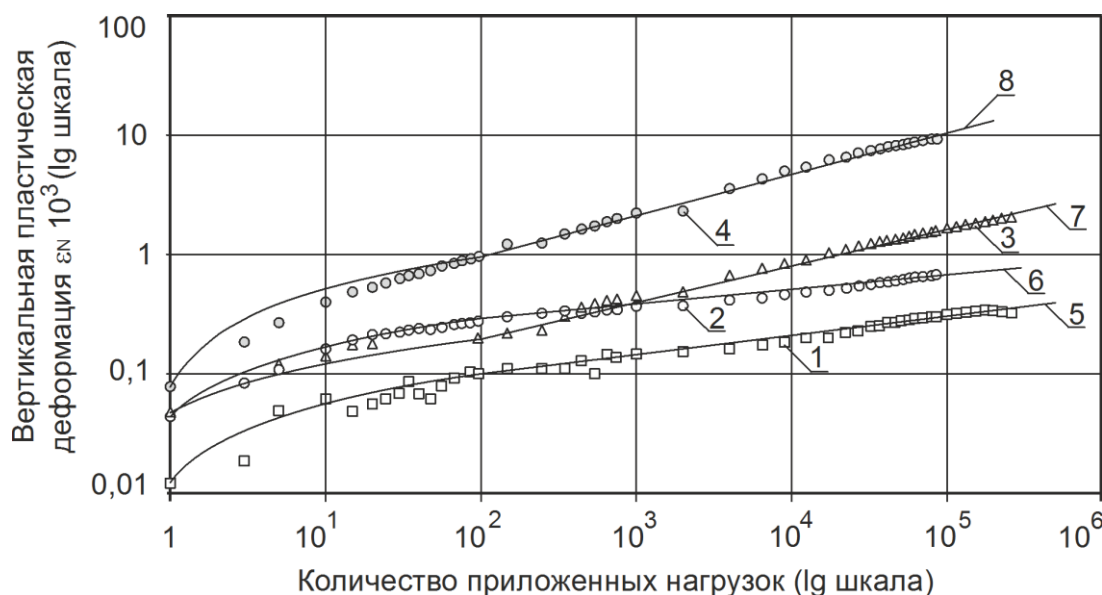


Рис. 3 – Зависимость вертикальной пластической деформации

ПГС от числа нагрузок и напряжений при $\sigma_3=40$ кПа

1 - 4 - эксперимент при $(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3$ 1; 2; 3; и 4; при $\sigma_3=40$ кПа;

5 - 8 - расчет при $(\sigma_1-\sigma_3)/\sigma_3$ 1; 2; 3; и 4; при $\sigma_3=40$ кПа

Заключение

По материалам работы можно сформулировать выводы и задачи будущих исследований и публикаций:

1. Установлено, что при воздействии циклической нагрузки в грунтах и дискретных материалах процесс накопления пластической деформации имеет наследственный характер. Для определения приращения пластической деформации от n -го приложения нагрузки предложены степенные функции, которые рассматриваются как ядра интегральных уравнений наследственной теории.

2. Интегрированием уравнений получены логарифмическая и степенная модели (12) и (13), которые обобщают ряд известных эмпирических формул и обладают большей точностью при расчете пластической деформации.

3. Из анализа данных трехосных испытаний установлены коэффициенты предлагаемых моделей для широкого спектра щебеночных материалов и грунтов.

4. Задачами дальнейших публикаций является:

- разработка методики и ее применение при определении параметров моделей (12) и (13) для различных материалов;
- разработка метода расчета вязкой составляющей пластической деформации $\varepsilon_{впл}$, что позволит учитывать влияние продолжительности воздействия нагрузки, а значит скорости движения;
- разработка метода расчета пластического смещения поверхности покрытия и глубины неровностей, формирующихся в продольном и поперечном направлении.

Список литературы / References

1. Герцог В.Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий / В. Н. Герцог, Г. В. Долгих, В. Н. Кузин // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – №5 (57) – С. 45-57.
2. Bamrungwong C., et al. Development Of A Falling weight deflectometer (FWD) for evaluating the pavement conditions. Asian Transportation Research Society. Research Report 2008. Printed in Thailand. November, 2009. – 147 p.

3. Александров А.С. Исследование пластического деформирования дискретных материалов при воздействии циклических нагрузок и определение параметров математических моделей / А. С. Александров // Строительные материалы. – 2016. – № 10. – С. 27-32.
4. Barksdale R.D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course Materials. Proceedings of the 3-rd International Conference on Asphalt Pavements. London: 1972, pp. 161–174.
5. Sweere G.T.H. Unbound granular bases of roads. // PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. 1990.
6. Aleksandrov A.S., Semenova T.V., Aleksandrova N.P. Analysis of permanent deformations in granular materials of road structures. // Road and Bridges - Drogi i Mosty, 2016, Vol. 15, Pp 263 – 276.
7. Arnold G.K. Rutting of Granular Pavements. // Thesis submitted to The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, November 2004. – 417 p.
8. Niemunis A., Wichtmann T., Triantafyllidis T. A high-cycle accumulation model for sand. // Computers and Geotechnics, 2005. Vol. 32, No4, Pp. 245-263.
9. Niemunis A., Wichtmann T. (2014): Separation of time scale in the HCA model for sand. // Acta Geophysica, Vol. 62, No. 5, pp. 1127-1145.
10. Werkmeister S. Permanent deformation behavior of unbound granular materials in pavement constructions // Ph.D. thesis, University of Technology, Dresden, The Germany. 2003.
11. Семенова Т.В. Совешенствование методов экспресс контроля уплотнения грунтов в земляном полотне лесных дорог. Часть 1. Обобщающая математическая модель / Т. В. Семенова, Н. П. Александрова // Международный научно-исследовательский журнал. –2016. – № 6-2 (48). – С. 10-14.
12. Семенова Т.В. Влияние влажности и степени уплотнения грунта земляного полотна на параметры прочности и деформируемости / Т. В. Семенова, Н. В. Кузин // Научный альманах. – 2016. – № 7-1 (21). – С. 451-454.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gercog V.N. Raschet dorozhnyh odezhd po kriterijam rovnosti. Chast' 1. Obosnovanie norm rovnosti asfal'tobetonnyh pokrytij [Calculation of pavements for roughness criteria. Part 1. Justification standards evenness of asphalt-concrete coatings] / V. N. Gercog, G. V. Dolgih, V. N. Kuzin // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal [Magazine of Civil Engineering]. – 2015. – №5 (57) – P. 45-57. [in Russian]
2. Bamrungwong C., et al. Development Of A Falling weight deflectometer (FWD) for evaluating the pavement conditions. Asian Transportation Research Society. Research Report 2008. Printed in Thailand. November, 2009. – 147 p.
3. Aleksandrov A.S. Issledovanie plasticheskogo deformirovanija diskretnyh materialov pri vozdejstvii ciklicheskih nagruzok i opredelenie parametrov matematicheskikh modelej [A Generalizing model of plastic deformation of discrete materials of road structures under impact of cyclic loads] / A. S. Aleksandrov // Stroitel'nye materialy [Construction Materials]. – 2016. – № 10. – P. 27-32. [in Russian]
4. Barksdale R.D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course Materials. Proceedings of the 3-rd International Conference on Asphalt Pavements. London: 1972, pp. 161–174.
5. Sweere G.T.H. Unbound granular bases of roads. // PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. 1990.
6. Aleksandrov A.S., Semenova T.V., Aleksandrova N.P. Analysis of permanent deformations in granular materials of road structures. // Road and Bridges - Drogi i Mosty, 2016, Vol. 15, Pp 263 – 276.
7. Arnold G.K. Rutting of Granular Pavements. // Thesis submitted to The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, November 2004. – 417 p.
8. Niemunis A., Wichtmann T., Triantafyllidis T. A high-cycle accumulation model for sand. // Computers and Geotechnics, 2005. Vol. 32, No4, Pp. 245-263.
9. Niemunis A., Wichtmann T. (2014): Separation of time scale in the HCA model for sand. // Acta Geophysica, Vol. 62, No. 5, pp. 1127-1145.
10. Werkmeister S. Permanent deformation behavior of unbound granular materials in pavement constructions // Ph.D. thesis, University of Technology, Dresden, The Germany. 2003.
11. Semenova T.V. Soveshenstvovanie metodov jekspress kontrolja uplotnenija gruntov v zemljanom polotne lesnyh dorog. Chast' 1. Obobshhajushhaja matematicheskaja model' [Improvement of methods for monitoring the express compacted soil subgrade forest roads] / T. V. Semenova, N. P. Aleksandrova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. –2016. – № 6-2 (48). – P. 10-14. [in Russian]
12. Semenova T.V. Vlijanie vlazhnosti i stepeni uplotnenija grunta zemljanogo polotna na parametry prochnosti i deformiruемости [Influence of moisture content and degree of compaction of subgrade on the parameters of strength and deformability] / T. V. Semenova, N. V. Kuzin // Nauchnyj al'manah [Science Almanac]. – 2016. – № 7-1 (21). – P. 451-454. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.106>

Архирейский А.А.

ORCID: 0000-0003-2289-2583, соискатель,

Оренбургский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВАЖНОСТИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ ПО КРИТЕРИЯМ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Аннотация

Рассмотрены подходы к комплексной оценке качества процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей (ТО и Р А). Предложен новый подход к построению рейтинга предприятий оказывающих услуги по ТО и Р А на базе теории важности критериев. Для построения рейтинга проведены исследования относительной важности критериев оценивания качества процессов ТО и Р А методами статистического анализа экспертных оценок. Предложен вид модели классификации предприятий, содержащей информацию об относительной важности критериев. На основе данных собранных в органе по сертификации услуг на автомобильном транспорте определены параметры модели. В результате проведенного анализа построенной модели, установлено, что наибольшую специфичность, при высоких значениях чувствительности, имеет модель, включающая три критерия, оценивающих: состояние технологического оборудования и оснастки; состояние контрольно-диагностического, испытательного оборудования и средств измерений; состояние зданий и сооружений. Сформированный рейтинг предприятий предлагается доводить до сведения, как потребителей, так и производителей услуг.

Ключевые слова: ремонтные мастерские, ремонт, техническое обслуживание, сертификация, экспертные оценки, логистическая регрессия, относительная важности критериев, уровень качества.

Arhireyskiy A.A.

ORCID: 0000-0003-2289-2583, Postgraduate student,

Orenburg State University

RESULTS OF RESEARCH OF RELATIVE IMPORTANCE OF CRITERIA FOR QUALITY ASSESSMENT OF VEHICLES MAINTENANCE AND REPAIR PROCESSES BY CRITERIA OF THE CERTIFICATION SYSTEM

Abstract

The paper considers approaches to the comprehensive assessment of the vehicle maintenance and repair quality. A new approach in rating forming of the companies providing services of maintenance is proposed, based on the theory of criteria importance. In order to form the rating, the authors carried out studies of the relative importance of the criteria for assessing the quality of maintenance processes using statistical analysis of expert assessments. The type of classification model for companies containing information on the relative importance of criteria is proposed. Based on the data collected in the certification body of road transport services, the model parameters were determined. As a result of the analysis conducted, the models were constructed, it was found that the model with three criteria evaluating the state of technological equipment; the state of control, diagnostic, testing equipment and measuring instruments; the condition of buildings and structures has the highest specificity, at high sensitivity values. The formed rating of companies is proposed to bring to the notice of both consumers and manufacturers of equipment.

Keywords: repair shops, repair, maintenance, certification, expert assessments, logistic regression, relative importance of criteria, quality level.

По данным агентства «АВТОСТАТ» в Российской Федерации численность предприятий, занимающихся поддержанием и восстановлением исправного состояния автомобилей, составляет более 50 тысяч. Несмотря на это, отрицательное воздействие автомобильного транспорта на общество и окружающую среду не снижается.

Представляется, что информирование потребителей и производителей услуг технического сервиса автомобилей об уровне качества услуг позволит повысить не только качество процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей (ТО и Р А), но и эффективность работы предприятий, оказывающих качественные услуги.

Оценивание уровня качества процессов ТО и Р А на основе требований системы технической эксплуатации автомобилей производится органами сертификации услуг аккредитованными в системах добровольной сертификации. Одна из них - Система добровольной сертификации на автомобильном транспорте (ДС АТ), зарегистрирована 27.12.2001. Система ДС АТ представлена на регистрацию Министерством транспорта Российской Федерации.

Выделяются два подхода оценивания уровня качества процессов ТО и Р А: по значению комплексного показателя [1, С. 222] и в виде векторных оценок. Элементами как комплексного показателя, так и векторных оценок, могут являться различные показатели и критерии характеризующие процесс ТО и Р А.

В органе по сертификации услуг, действующем на базе транспортного факультета Оренбургского государственного университета, используется система критериев, характеризующих: организационно-технического обеспечения производства (К1); состояние зданий и сооружений (К2); технологическое оборудование и оснастку (К3); кадровое обеспечение (К4); состояние контрольно-диагностического, испытательного оборудования и средств измерений (К5); нормативную и технологическую документацию предприятия (К6).

Значения критериев определены комиссией экспертов в десятибалльной шкале по 88 предприятиям. Они условно разделены на два типа: тип «0» - предприятия выполняющие работы по ТО и Р А для собственных нужд и тип «1» - предприятия оказывающие услуги по ТО и Р А на сторону.

Статистическая обработка экспертных оценок показала наличие корреляционных связей между критериями. Для определения относительной важности критериев использована модель логистической регрессии [2], [3]. В качестве зависимой переменной выбрана вероятность отнесения предприятия к предприятиям типа «0» и типа «1». В качестве

независимых переменных приняты критерии K1, ..., K6.

Получена модель идентификации типа предприятий, включающая все независимые переменные:

$$p = \frac{1}{e^{3+1,68E1+7,66E2-14,09E3-3,02E4+1,63E5+2,58E6} + 1},$$

где p – вероятность отнесения предприятия к одному из двух типов.

Для оценивания статистической значимости уравнения регрессии рассчитывалась статистика χ^2 . Для рассчитанного значения статистики χ^2 равного 29,07 при шести степенях свободы и рассчитанном уровне значимости $p < 0,0001$ сделан вывод о том, что полученная модель логистической регрессии является статистически значимой.

Для повышения статистической значимости и выявления закономерностей относительной важности критериев из модели исключены отдельные переменные. Исключение производилась на основе трех статистик: статистики условного отношения правдоподобия; статистики отношения правдоподобия, вычисляемой по оценкам максимального частного правдоподобия; статистики Вальда. Каждый из подходов предусматривает два направления: пошаговое включение переменных в модель с остановкой на заданном уровне значимости (Вперед); пошаговое исключение переменных из модели с остановкой на заданном уровне значимости (Назад). Так же использована процедура гребневой регрессии, основанная на методе регуляризации академика А.Н. Тихонова

В результате процедуры исключения переменных из начальной модели получены шесть статистически значимых моделей. Характеристики полученных регрессионных моделей сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики регрессионных моделей

Метод	Переменные в модели	Характеристики модели		AUC (показательность прогностической способности модели)
		Специфичность, отн. ед.	Чувствительность, отн. ед.	
Начальная модель	K1, K2, K3, K4, K5, K6	0,685714	0,792453	0,81186
Вперед: условный	K3	0,371429	0,830189	0,777358
Вперед: максимального правдоподобия	K3	0,371429	0,830189	0,777358
Вперед: статистика Вальда	K3	0,371429	0,830189	0,777358
Назад: условный	K1, K3, K4, K6	0,514286	0,773585	0,750943
Назад: максимального правдоподобия	K1, K3	0,514286	0,754717	0,743396
Назад: статистика Вальда	K5	0,314286	0,849057	0,701887
Гребневая регрессия	K2, K3	0,6	0,830189	0,825337
Принятая модель	K2, K3, K5	0,714286	0,8113	0,809164

Наибольшую специфичность при высоких значениях чувствительности имеет модель, включающая три критерия: оценивающего состояние технологического оборудования и оснастки (K3); оценивающего состояние контрольно-диагностического, испытательного оборудования и средств измерений (K5); оценивающего состояние зданий и сооружений (K2). Принимаемая модель идентификации типа предприятий имеет вид:

$$p = \frac{1}{e^{3,81+7,91E2-14,44E3+1,49E5} + 1},$$

Для рассчитанного значения статистики χ^2 равного 26,7 при трех степенях свободы и рассчитанном уровне значимости $p < 0,00001$ сделан вывод о высокой статистической значимости полученной модели.

Для оценивания прогностической способности модели использовался показатель AUC - площадь под кривой зависимости чувствительности модели от специфичности. Вид кривых зависимости чувствительности модели от специфичности представлен на рисунке 1.

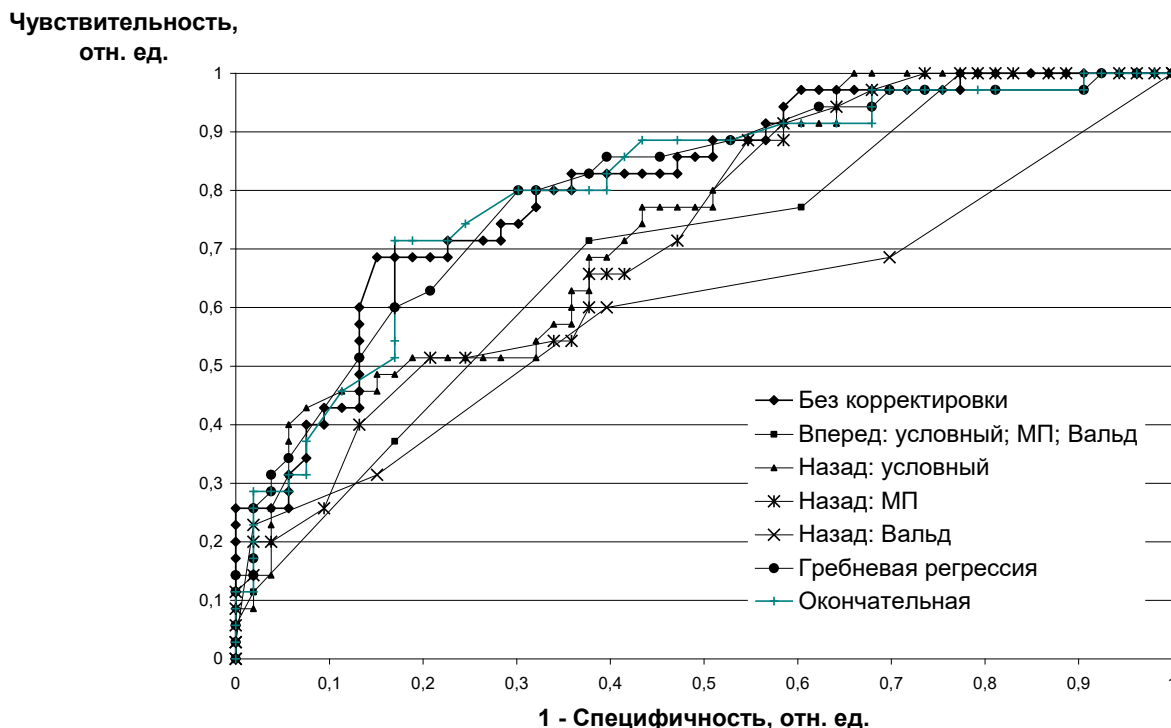


Рис. 1 – Зависимости чувствительности модели идентификации типа предприятий от ее специфичности

Значения показателя для полученных моделей приведены в таблице 1. Модель, включающая три критерия (K2, K3, K5) имеет высокое значение показателя AUC (0,809164). Из этого можно утверждать, что наиболее важными критериями являются критерии K3, K5 и K2. Качественную информацию об их относительной важности определим из соотношения долей объясняемой дисперсии каждым критерием.

Полученную информацию об относительной важности критериев можно использовать для построения рейтинга предприятий на основе теории важности критериев.

Построение рейтинга предприятий можно представить в виде алгоритма (рисунок 2).



Рис. 2 – Алгоритм построения рейтинга предприятий

Общую схему информационной поддержки потребителей можно представить в виде схемы (рисунок 3).

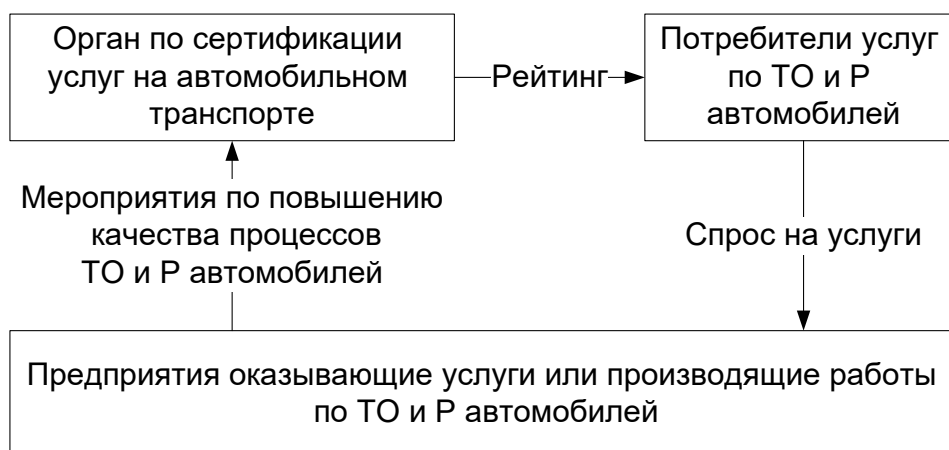


Рис. 3 – Схема процесса информационной поддержки

На схеме (рисунок 3) показано, что рейтинг сертифицированных предприятий информирует потребителей об уровне качества услуг. В соответствии с уровнем качества потребители формируют спрос на услуги предприятий. Предприятия разрабатывают мероприятия по повышению уровня качества процессов ТО и Р А. Орган по сертификации фиксирует относительную важность и значения критериев и корректирует рейтинг. Далее процесс повторяется.

Проведенные исследования экспертных оценок критериев оценивания уровня качества процессов ТО и Р А позволили установить их относительную важность. Это уменьшило неопределенность при построении рейтинга предприятий для улучшения информационной поддержки потребителей и производителей услуг автосервиса. У потребителя будет дополнительная информация от третьей стороны об уровне качества процессов ТО и Р А на предприятии. Производитель получит дополнительную информацию о направлениях развития. Таким образом информационная поддержка позволит повысить качество процессов ТО и Р А и эффективность работы предприятий, оказывающих услуги автосервиса на высоком уровне.

Список литературы / References

1. Варнаков, В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков – М.: КолосС, 2003. – 253 с.
2. Архирейский, А. А. Информационная поддержка услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств / А.А. Архирейский // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2011. – №2 (11). – С. 45–47.
3. Архирейский, А. А. Об информационной поддержке инноваций на транспорте / А.А. Архирейский // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №10 (129). – С. 115–120.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Varnakov, V.V. Tehnicheskij servis mashin sel'skhozjajstvennogo naznachenija [Technical service machines for agricultural purposes] / V.V. Varnakov, V.V. Streltsov, V.N. Popov, V.F. Karpenkov - M.: KolosS, 2003. - 253 p. [in Russian]
2. Arhireyskiy A.A. Informacionnaja podderzhka uslug po tehničeskemu obsluzhivaniju i remontu avtomototransportnyh sredstv [Informational support of the maintenance and repair of motor vehicles] / A.A. Arhireyskiy // Intellekt. Innovacii. Investicii. [Intelligence. Innovation. Investments.] - 2011. - №2 (11). - P. 45-47. [in Russian]
3. Arhireyskiy, A.A. Ob informacionnoj podderzhke innovacij na transporte [On the informational support of innovation in transportation] / A.A. Arhireyskiy // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]. - 2011. - №10 (129). - P. 115-120. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.024>

Бенин Д.М.

ORCID: 0000-0003-1265-4071, Кандидат технических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева»

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**Аннотация**

Настоящая статья описывает методику обработки натурного эксперимента. В статье даются рекомендации, основанные на действующих нормативных документах в этой части, по применению статистических методов обработки данных эксперимента. Приводятся примеры по расчетам точности результатов измерений наиболее распространенных в экспериментальных исследованиях гидравлических параметров, таких как расход, давление и скорость. От правильности обработки полученных экспериментальных значений зависит их достоверность и возможность их дальнейшего использования.

Ключевые слова: гидравлический эксперимент, обработка данных эксперимента, погрешность измерений, расход, давление, скорость.

Benin D.M.

ORCID: 0000-0003-1265-4071, PhD in Engineering, Associate professor,

Russian state agrarian University - MSHA n.a. K. A. Timiryazev

METHODOLOGY FOR PROCESSING OF RESULTS OF HYDRAULIC EXPERIMENT**Abstract**

This paper describes the technique for processing of the full-scale experiment. It provides recommendations based on the current normative documents in this field and on the application of statistical methods for experimental data processing. The examples for calculation of the measurement accuracy of the most common hydraulic parameters in experimental studies are given, such as flow, pressure and speed. The processing correctness of obtained experimental data influences its reliability and the possibility of the further use.

Keywords: hydraulic experiment, experimental data processing, measurement error, flow rate, pressure, speed.

Проведение любого натурного эксперимента состоит из таких этапов, как постановка цели и задачи эксперимента, планирование эксперимента, создание натурной модели, обработка полученных данных с помощью статистических методов, оценка точности результатов измерений. От правильности выбранной методики анализа данных зависит их достоверность и возможность дальнейшего апеллирования ими.

Статистическую обработку данных следует начинать с обнаружения и анализа выбросов. Стандартом [1] для этого рекомендуется применение критерия Граббса, при этом выделяют проверку на один и два выброса. Для проверки на один выброс наибольшего результата x данные ранжируют в порядке возрастания x_i ($i = 1, 2 \dots p$) и вычисляют статистику Граббса G_p :

$$G_p = \frac{(x_p - \bar{x})}{s}, \quad (1)$$

где $s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}$, p – максимальный ранг (ранжирование начинается с 1).

Для проверки значимости наименьшего результата вычисляют тестовую статистику:

$$G_1 = \frac{(\bar{x} - x_1)}{s}, \quad (2)$$

Критические значения для критерия Граббса приведены в Таблице 8 ГОСТ Р ИСО 5725-2 – 2002 [2].

Для проверки двух наибольших результатов на выбросы вычисляют статистику: $G = \frac{s_{p-1,p}^2}{s_0^2}, \quad (3)$

где $s_0^2 = \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2$, $s_{p-1,p}^2 = \sum_{i=1}^{p-2} (x_i - \bar{x}_{p-1,p})^2$, $\bar{x}_{p-1,p} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=1}^{p-2} x_i$

Для проверки двух наименьших результатов на выбросы вычисляют статистику: $G = \frac{s_{1,2}^2}{s_0^2}, \quad (4)$

где $s_{1,2}^2 = \sum_{i=3}^p (x_i - \bar{x}_{1,2})^2$, $s_{p-1,p}^2 = \sum_{i=3}^p (x_i - \bar{x}_{1,2})^2$, $\bar{x}_{1,2} = \frac{1}{p-2} \sum_{i=3}^p x_i$.

После обработки выбросов следует проверить соответствие выборочного закона распределения теоретическому, для гидравлического эксперимента, как правило, нормальному, функция плотности вероятности которого имеет вид:

$$f(x) = \frac{1}{\theta_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\theta_1)^2}{2\theta_0^2}}, \quad (5)$$

где θ_0 и θ_1 – параметры распределения (среднеквадратическое отклонение и математическое ожидание), x – значение случайной величины, $x \in (-\infty, +\infty)$.

Необходимо проверить сложную гипотезу о проверке принадлежности выборочного распределения нормальному закону, сложную, потому что оценки параметров нормального распределения θ_0 и θ_1 определены по той же выборке, по которой проверяют согласие. Нулевая гипотеза H_0 имеет вид:

$$f(x) \in \left\{ \frac{1}{\theta_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\theta_1)^2}{2\theta_0^2}}, \theta_0 \in (0, \infty), \theta_1 \in (-\infty, +\infty) \right\} \quad (6)$$

При проверке простых гипотез непараметрические критерии типа Колмогорова, Смирнова, ω^2 и Ω^2 Мизеса уступают по мощности критериям типа χ^2 , особенно, если в последних используется асимптотически оптимальное группирование. Но при проверке сложных гипотез непараметрические критерии оказываются более мощными. и уже при $n=15-20$ можно, не опасаясь больших ошибок, пользоваться этими предельными законами при анализе данных. Мощность непараметрических критериев при проверке сложных гипотез при тех же объемах выборок n всегда существенно выше, чем при проверке простых.

Для данных расчетов возможно использование критерия Крамера-Мизеса-Смирнова статистика которого имеет вид [1]:

$$W_n^2 = \bar{\omega}_n^2 [\psi(F(x)) \equiv 1] = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n^*(x) - F(x)]^2 dF(x) \quad (7)$$

где $\bar{\omega}_n^2$ – выборочное (расчетное) значение статистики омега-квадрат; ψ – весовая функция; x – непрерывная случайная величина; $F(x)$ – функция распределения непрерывной случайной величины; n – объем выборки; $F_n^*(x)$ – эмпирическая функция распределения.

Статистика W_n^2 учитывает отклонение эмпирической функции распределения от теоретической при всех возможных значениях x исследуемой случайной величины X .

Заключительным этапом обработки результатов эксперимента является оценка точности результатов измерений, которую следует проводить согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Данный нормативный документ распространяется на методы измерения непрерывных величин, дающие в качестве результата измерений единственное значение. Согласно документу показатели точности должны определяться на основании серии результатов измерений. Расчеты стоит проводить для контрольной серии непосредственно измеряемых величин.

Предел повторяемости – значение, которое с доверительной вероятностью 0,95 не превышает абсолютной величиной разности между результатами двух измерений, полученными в условиях повторяемости. Сопоставление производится на основании более двух результатов измерений, полученных в одной лаборатории в условиях повторяемости. Для этого размах вариаций $(x_{\max} - x_{\min})$ результатов измерений каждой величины соотносится с критическим диапазоном для уровня вероятности 95% при числе измерений n : $CR_{0,95}(n) = f(n) \cdot \sigma_r$,

где σ_r – стандартное отклонение повторяемости; $f(n)$ – коэффициент критического диапазона, выборочные значения которого приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты критического диапазона $f(n)$

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f(n)$	2.8	3.3	3.6	3.9	4.0	4.2	4.3	4.4	4.5

Если размах вариаций измеряемой величины меньше критического диапазона, то в качестве окончательного результата следует принимать среднее арифметическое значение результатов нескольких измерений. В противном случае в качестве окончательного результата должна фиксироваться медиана нескольких измерений.

Согласно ГОСТ ИСО 5725 точность метода измерений представляет собой функцию:

$$y = m + B + e \quad (8)$$

где m – общее среднее значение (математическое ожидание); B – лабораторная составляющая систематической погрешности в условиях повторяемости; e – случайная составляющая погрешности результата измерений в условиях повторяемости.

Так как условия повторяемости и воспроизводимости в эксперименте, как правило, обеспечиваются для всех измерений, используется среднее арифметическое повторных наблюдений.

Точность измерений при проведении опытов зависит от точности наводки измерительного прибора и точности отсчета по прибору.

Рассмотрим оценку точности измерений каждого из этих параметров отдельно на конкретных примерах [3].

Измерение расходов производилось при помощи треугольного водослива. Ошибка в измерении расхода складывается из ошибок в измерении напора на водосливе, ошибки определения нуля установки водослива и ошибки при определении расхода по тарировочной кривой. Напор на мерном водосливе можно измерить шпитценмасштабом по уровню воды в пьезометрическом стакане. Наводка на уровень воды производится с точностью 0,05 мм. Привязка

нуля мерного водослива была осуществлена с точностью 0,1 мм. Отсчеты по нониусу шпитценмасштаба производились также с точностью 0,1 мм. Таким образом, абсолютная предельная ошибка Δh в определении напора на мерном водосливе составляет: $\Delta h = 0,05 + 0,1 + 0,1 = 0,25 \text{ мм}$.

При снятии показаний с тарировочной кривой определение напора производилось по миллиметровой шкале с точностью 0,25 мм, т.е. абсолютная предельная погрешность в измерении напора при пользовании треугольным водосливом составила: $\Delta h_{\text{пред.}} = 0,25 + 0,25 = 0,5 \text{ мм}$.

Отсчеты расхода по тарировочной кривой производились также с точностью 0,25 мм. Масштаб расхода тарировочной кривой составлял 1 л/сек в 10 мм, т.е. абсолютная ошибка в снятии отсчета расхода по шкале расходов составляла 0,025 л/сек. При измерении расходов от 4 до 8 л/сек одному сантиметру напора тарировочной кривой соответствовал расход около 0,8 л/с, т.е. предельной абсолютной ошибке измерения напора $\Delta h_{\text{пред.}} = 0,5 \text{ мм}$

соответствует ошибка в измерении расхода: $e_Q = \Delta Q = \frac{0,8}{10} \cdot 0,5 = 0,04 \text{ л/сек}$,

Таким образом, предельная абсолютная ошибка в измерении расхода по тарировочной кривой (систематическая ошибка) составляла B_Q :

$$B_Q = \Delta Q_{\text{пред}} = 0,04 + 0,025 = 0,065 \text{ л/сек},$$

а предельная относительная ошибка составила: $\delta Q = \frac{0,065}{4 \div 8} \cdot 100 = (0,81 \div 1,62) \%$,

Среднеквадратичное отклонение составляет: $\sigma_x = \frac{0,81 \div 1,62}{3} = (0,27 \div 0,54) \%$.

Границы доверительного интервала случайной ошибки e на основании контрольной серии опытов для доверительной вероятности $P=0,95$ составляют $e_Q=0,029 \text{ л/сек}$.

Ошибка погрешности результатов измерений сравнима с ошибкой погрешности прибора, поэтому границы доверительного интервала случайной и неисклученной систематической погрешности составляют [4]:

$$\Sigma = \sqrt{B_Q^2 + e_Q^2} = \sqrt{\Delta Q_{\text{пред}}^2 + \Delta Q^2} = \sqrt{0,065^2 + 0,029^2} = 0,071 \text{ л/с}.$$

Привязка шкалы пьезометрических щитов производилась с точностью 0,5 мм. Отсчеты уровней воды в пьезометрических трубках производились по низу мениска по миллиметровой шкале с абсолютной точность отсчета 0,5 мм. Предельная абсолютная ошибка в измерении пьезометрического уровня B_p (систематическая ошибка) составила $B_p=1,0 \text{ мм}$. Величина давления $P/\rho g$, выраженная в высоте водяного столба, находилась в пределах от 17 до 150 см.

Следовательно, можно считать, что давление $P/\rho g$ в потоке было измерено с предельной относительной ошибкой порядка:

$$\delta p = \frac{0,1}{17 \div 150} \cdot 100 = (0,588 \div 0,067) \%,$$

Среднеквадратичное отклонение составляет: $\sigma x = (0,196 \div 0,022) \%$.

Границы доверительного интервала случайной ошибки на основании контрольной серии опытов для доверительной вероятности $P=0,95$ составляют $\Delta p=e_p=0,251 \text{ мм}$, $B_p=1 \text{ мм}$. Ошибка погрешности результатов измерений сравнима с ошибкой погрешности прибора, поэтому границы доверительного интервала случайной и неисклученной систематической погрешности составили: $\Sigma = \sqrt{B_p^2 + e_p^2} = \sqrt{\Delta P_{\text{пред}}^2 + \Delta P^2} = \sqrt{1^2 + 0,251^2} = 1,03 \text{ мм}$.

Предельная относительная суммарная ошибка (систематическая и случайная) в измеряемом диапазоне давлений с вероятностью 0,95 будет принадлежать интервалу $0,1 \div 1,0 \%$.

Скорость потока u , измеренная трубкой Пито, определяется разностью показаний динамической и статической трубок: $u = \varphi \sqrt{2gH}$

Абсолютная предельная ошибка в определении скоростного напора складывается из ошибки в наведении на уровень жидкости в статической и динамической трубках и ошибки при взятии отсчета по нониусу микроманометра. Предельное значение каждой из этих ошибок составляло 0,1 мм. Следовательно, предельная абсолютная ошибка в определении $B_{\Delta h} = 0,3 \text{ мм}$.

Предельная относительная ошибка зависит от величины измеряемой скорости потока. При тарировке изменение скорости находилось в пределах от 0,4 до 2 м/с, чему соответствовал перепад по микроманометру от 18 до 200 мм.

Этим значениям перепадов соответствует предельная относительная ошибка: $\delta_{\Delta h} = \frac{0,3}{18 \pm 200} \cdot 100\% = (1,7 \div 0,15) \%$

Предельная относительная ошибка в определении тарировочного коэффициента φ лежит в пределах $\delta_\varphi = (0,92 \div 0,68) \%$.

При работе с трубкой Пито вторично накладывается ошибка в определении скоростного напора. В опытах изменение скорости находилось в пределах от 0,1 до 1,2 м/с, чему соответствовал перепад по манометру от 4 до 350 мм. Этим значениям перепадов соответствует предельная относительная ошибка от 5 до 0,1%. Таким образом, предельная относительная ошибка при определении скорости составляет:

$$\delta_u = (1,89 \pm 0,88) + 0,5 \cdot (5 \pm 0,1) = (4,4 \pm 0,93)\%$$

Причем ошибка 4,4% относится к измерениям, которые имели место при малых скоростях потока. Среднеквадратичное отклонение составляет $(1,5 \pm 0,3)\%$.

Список литературы / References

1. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Использование значений точности на практике. – Введ. 2002-11-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002, 42с.
2. Р 50.1.037-2002. Прикладная статистика. Правила проверки опытного согласия с теоретическим. Непараметрические критерии. – Введ. 2002-02-22. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 43с.
3. Бенин Д.М. Гидравлическое обоснование параметров проточных частей стабилизаторов расхода трубчатых водопропускных сооружений : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.16. защищена 20.06.11. : утв. 27.12.11 / Бенин Дмитрий Михайлович. – М., 2011. – 175 с.
4. Снежко В.Л., Хусни И. Автоматизация напорных водопропускных сооружений мелиоративных гидроузлов. В сборнике: новые направления в решении проблем АПК на основе современных ресурсосберегающих, инновационных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Победы в Великой Отечественной войне. 2010. С. 264-266.

Список литературы на английском языке / References in English

1. GOST R ISO 5725-6-2002. Tochnost' (pravil'nost' i precizionost') metodov i rezul'tatov izmerenij. Ispol'zovanie znachenij tochnosti na praktike. [Accuracy (trueness and precision) of methods and measurement results. The use of precision values in practice]. – Vved. 2002–11–01. – М.: Izd-vo standartov, 2002. – 42 p. [in Russian].
2. R 50.1.037-2002. Prikladnaja statistika. Pravila proverki opytnogo soglasija s teoreticheskim. Neparametricheskie kriterii [Applied statistics. Validation rules experimental agreement with the theoretical. Non-parametric tests]. – Vved. 2002–02–22. – М.: Izd-vo standartov, 2002. – 42 p. [in Russian].
3. Benin D.M. Gidravlichesкое obosnovanie parametrov protochnykh chastej stabilizatorov rashoda trubchatykh vodopropusknykh sooruzhenij [Hydraulic substantiation of parameters of flowing parts of the tubular stabilizers flow culverts] : dis. ... of PhD in Engineering : 05.23.16. defense of the thesis 20.06.11. : approved 27.12.11 / Benin Dmitrij Mihajlovich. – М., 2011. – 175p. [in Russian]
4. Snezhko V.L., Husni I. Avtomatizacija napornykh vodopropusknykh sooruzhenij meliorativnykh gidrouzlov. V sbornike: novye napravlenija v reshenii problem APK na osnove sovremennykh resursosberegajushhih, innovacionnykh tehnologij. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 65-letiju Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne. [Automation of the discharge culverts and reclamation of a waterworks. In the collection: new directions in solving problems of agricultural sector based on modern resource-saving innovative technologies. Materials of International scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of Victory in the great Patriotic war]. – 2010. – P. 264–266. [in Russian]



ПРИМЕР DOI:
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

(Digital Object Identifier) — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.071>Вековцева Т.А.¹, Шанина Т.В.²¹Кандидат искусствоведения, доцент, ²студент-бакалавр,

Южно-Уральский государственный университет

ТЕХНОЛОГИЯ RFID И БУДУЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЧАСТОТНОЙ ЭТИКЕТКИ**Аннотация**

В данной статье рассмотрена система радиочастотной идентификации, ее основные функции, а так же проведено сравнение технологии радиочастотной идентификации с технологией штрихового кодирования. Были выявлены наиболее значимые факторы, препятствующие внедрению и активному использованию RFID-этикеток, и приведены возможности сокращения расходов предприятий благодаря их введению. Определены и проанализированы современные способы производства RFID-этикеток и тенденции их развития, а так же отрасли хозяйства, для которых оно представляет наибольший интерес.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, этикетка, печать, транспондер, радиометка.

Vekovtseva T.A.¹, Shanina T.V.²¹PhD in Arts, associate professor, ²student-bachelor,

South Ural state University

RFID TECHNOLOGY AND THE FUTURE PRODUCTION OF RFID LABELS**Abstract**

This article considers the RFID system with its main functions, and compares it with the technology of bar coding. The authors identify significant factors that prevent implementation of RFID labels and discuss their consideration in costs reduction. The authors also describe current methods and trends of RFID design, and define industries that might be interested in their use.

Keywords: radio frequency identification, label, printing, transponder, RFID tag.

R RFID (Radio Frequency Identification) – это способ радиочастотной идентификации. Эта технология обеспечивает возможность автоматического бесконтактного и однозначного определения объектов посредством радиосредств. Любая RFID-система состоит из считывающего устройства и транспондера.

Они широко используются в различных областях человеческой деятельности. Одним из основных способов их применения стали самоклеящиеся этикетки. Их используют в библиотеках, архивах, складских и логистических предприятиях, ювелирном деле, медицине и торговле для учета, автоматизации, идентификации и защиты [1].

Эта технология пришла на замену штриховому кодированию и соответственно имеет ряд технических преимуществ по сравнению с ним (Таблица 1). Несмотря на это она имеет несколько значимых факторов, которые препятствуют ее внедрению и активному повсеместному использованию. Ими являются:

- высокая цена RFID-меток, которая примерно в 10-20 раз повышает себестоимость этикетки;
- малая развитость IT-инфраструктуры;
- высокая стоимость оборудования;
- слабо развитая стандартизация;
- сложность с идентификацией разных объектов;
- неблагоприятные условия окружающей среды [2].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика RFID и штрих-кода

Характеристики	RFID	Штрих-код
Необходимость в прямой видимости	нет	да
Объем памяти, байт	от 10 до 512 000	до 100
Возможность перезаписи	да	нет
Одновременная идентификация нескольких объектов	до 150 меток в секунду	нет
Устойчивость к внешним воздействиям	повышенная сопротивляемость	зависит от материала и метода нанесения
Срок жизни метки	более 10 лет	
Дальность чтения, м	до 100	до 0,5
Защита от подделки	подделка невозможна	подделывается легко
Идентификация движущихся объектов	да	затруднена
Подверженность электромагнитным помехам	да	нет
Размеры	средние и малые	
Защита от несанкционированного чтения	да	нет
Стоимость	средняя и высокая	низкая

RFID-этикетки были разработаны для выполнения трех основных функций:

1. Логистическая: позволяет отслеживать путь товара от производителя к потребителю для оптимизации размеров складских запасов, оперативности пополнения запасов товара в торговом зале, а так же повышения эффективности планирования деятельности торгового предприятия.

2. Защита от фальсификации: применение RFID-технологий позволяет однозначно идентифицировать товар, обеспечивая надежную защиту содержащейся информации.

3. Защита от воровства – это главная функция, ради которой RFID-этикетки сегодня применяются наиболее широко.

Несмотря на свою высокую себестоимость, по сравнению с обычными этикетками со штриховым кодированием, внедрение технологии RFID способно сократить расходы предприятия. Этому способствует сокращение трудозатрат на инвентаризацию, количества сотрудников охраны (при повышении ее эффективности) и возможность обслуживания большего количества клиентов за то же время.

Для того, что бы этикетка выполняла функции радиочастотной, она должна содержать в себе RFID-метку или транспондер. Метка является сложным электронным устройством для хранения и передачи информации об объектах, на которую нанесена. Она обычно состоит из приемника, передатчика, антенны и блока питания. Однако для внедрения этикетки чаще всего используют пассивные радиометки, то есть метки, которые не содержат источника питания. Для выполнения своих функций они должны находиться в зоне считывания, чтобы использовать энергию излучения антенны считывателя. Эти метки имеют практически неограниченный срок работы и часто меньшие размеры по сравнению с активными и полупассивными.

Передатчик радиосканера генерирует волны определенной частоты, которые активируют метку. Она отвечает на них собственным сигналом, который включает в себя уникальный номер. Метки с более сложным строением обладают некоторым количеством памяти и имеют возможность хранения и перезаписи информации об объекте, на который она нанесена. Как правило, чем выше диапазон рабочих частот, тем больше дальность считывания информации, тем меньше размеры метки и соответственно выше цена.

Сегодня существуют различные виды устройств считывания RFID-меток. Они могут быть стационарными, портальными, настольными, встраиваемыми, мобильными и так далее. Это позволяет находить им различное применение и выбирать наиболее эффективный вариант для заданных индивидуальных потребностей пользователя. Так, например, свое основное применение мобильные считыватели нашли на складах, библиотеках и архивах. Ведущими производителями являются Alien Technology (США), CAEN (Италия) Nordic ID (Финляндия) TAGSYS (США) и другие.

RFID-этикетки могут изготавливаться различными способами.

Первый – это печать цифровыми методами. Для этого используют специальный этикеточный RFID-принтер, который наносит изображение на рулонный материал с заранее встроенными радио-метками. Такое оборудование выпускают компании Zebra (США), Toshiba (Япония), Printronix (США) и другие.

Достоинствами этого метода являются простота, низкая стоимость оборудования, и возможность одновременной печати и кодирования RFID-этикеток. Недостатками – низкая скорость и невозможность печати цветного изображения, поэтому обычно на этикетку наносят текстовую информацию и штрих-код.

Второй способ – это нанесение изображения на этикетку, а затем внедрение в нее RFID-метки. Печать может осуществляться флексографским, офсетным, глубоким или трафаретным способами на рулонном самоклеящемся материале. Внедрения меток происходит в печатной машине, посредством встраиваемого модуля или на отдельном специальном оборудовании.

Например, крупная американская компания Mark Andy разрабатывает такие модули для всех своих узкорулонных флексографских машин. Он монтируется между последней печатной секцией и устройством высечки этикеток. Сначала осуществляется деламинация самоклеящейся. Затем транспондер отделяется от рулона, позиционируется в нужном месте полотна и фиксируется клеевым слоем лицевого материала. После этого лицевой слой самоклеящейся снова соединяется с лайнером и происходит завершающий процесс – высекание готовой этикеточной продукции.

Другая крупная британская организация – ABG international занимается выпуском отдельных машин для встраивания RFID-меток в этикеточную продукцию, таким примером является Omela TI 200.

Достоинствами данного способа являются высокая скорость и качество печати этикетки, а так же экономичность при средних и крупных тиражах.

Недостатками – высокая стоимость оборудования, большая занимаемая площадь помещения, а так же необходимость наличия у заказчика устройств с программным обеспечением для кодирования.

Последние 10 лет осуществляется разработка третьего способа изготовления RFID-этикеток. Это сложный метод, в котором элементы наносятся напрямую в печатной машине электропроводными красками флексографским, глубоким или трафаретным способами на самоклеющийся рулонный материал (например, для печати антенн предлагается использование серебросодержащих). Для развития этой технологии крупная американская компания Flint Ink выделила группу по производству электропроводных красок в отдельное предприятие Precisia.

На сегодняшний день данная технология еще имеет множество недоработок, такие как ее сложность, нестабильность качества продукции, низкая надежность полученных RFID-этикеток и, возможно, более быстрый износ элементов печатной машины в связи со специфической формой пигментов. Однако можно предположить, что, если проблемы удастся решить, то этот способ будет иметь неоспоримые преимущества, такие как отсутствие необходимости приобретения дополнительного оборудования и значительно меньшие затраты на изготовление RFID-этикетки, в связи с тем, что стоимость таких красок ниже стоимости используемых в стандартных технологиях фольги и металла, а печать является более быстрым и дешевым процессом, чем встраивание транспондера.

Таким образом, в ближайшее время ожидается дальнейшее развитие данной технологии, которое представляет особый интерес для крупных логистических, торговых и производственных компаний.

Список литературы / References

1. Бондаревский А.С. Проектирование средств радиочастотной идентификации (RFID) – проблемная ситуация / А.С. Бондаревский, Р.В. Золотов // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – №9. – С. 19-23.
2. Григорьев П.В. Особенности технологии RFID и ее применение // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 317-322.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bondarevskiy A.S. Proektirovanie sredstv radiochastotnoy identifikatsii (RFID) – problemnaya situatsiya [Making radio frequency identification (RFID) – a problem situation] / A.S. Bondarevskiy, R.V. Zolotov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. [Modern high technologies] – 2009. – №9. – P. 19-23. [in Russian]
2. Grigor'yev P.V. Osobennosti tekhnologii RFID i ee primeneniye [Features of RFID technology and its application] // Molodoy uchenyy. [Young scientist] – 2016. – №11. – P. 317-322. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.067>Воронов С.С.¹, Жалнин В.П.², Забнев В.С.¹, Тюрин И.Ю.¹¹Бакалавр, ²кандидат технических наук, доцент

Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ДОЛГОСРОЧНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В СРЕДЕ MATLAB**Аннотация**

В данной работе показаны возможности использования компьютерных прикладных программ в среде MatLab для расчёта финансовых показателей инвестиционных проектов. Основное внимание уделено автоматизации расчётов данных показателей. Кратко рассмотрена классификация показателей оценки эффективности инвестиций. В статье проведен анализ существующих решений и исследование методов анализа эффективности долгосрочных инвестиций. В заключении даны рекомендации по возможностям применения IP блоков прикладных программ инвестиционной оценки при производственном аудите и страховании инвестиций.

Ключевые слова: FAB LAB, оценка эффективности, инвестиционные показатели, организация производства.

Voronov S.S.¹, Zhalnin V.P.², Zabnev V.S.¹, Tyurin I.Yu.¹¹Bachelor, ²PhD in Engineering, Associate professor,

Bauman Moscow State Technical University

AUTOMATION OF THE ANALYSIS OF LONG-TERM INVESTMENTS ADDITIVE OF CHITOSAN IN MATLAB**Abstract**

In this work possibilities of use of computer application programs in the environment of MatLab for calculation of financial performance of investment projects are shown. The main attention is paid to automation of calculations of these indicators. Classification of indicators of an efficiency evaluation of investments is briefly considered. In article the analysis of the existing decisions and a research of methods of efficiency analysis of long-term investments is carried out. In the conclusion recommendations about opportunities of use of IP blocks of application programs of investment assessment in case of production audit and investment insurance are made.

Keywords: FAB LAB, efficiency evaluation, investment indicators, production organization.

Введение

Технологии цифрового инструментального производства (FAB-LAB) получили большое распространение в современных условиях конкурентного контрактного производства. Оценка проекта FAB-LAB многовариантная задача, которая требует эффективных, простых и удобных инструментов оценки инвестиционных показателей (ИП) реализуемого проекта [1, С. 1].

Ввиду роста количества локальных инвестиционных проектов по развертыванию FAB-LAB возрастает спрос на средства автоматизации, облегчающие анализ финансовых оценок проектов [2, С. 2]. Можно отметить различные виды программного обеспечения для решения экономических задач, однако, большинство из них требуют высокой квалификации работников и времени на их освоение. Поэтому основная проблема, которая сейчас существует – это отсутствие готовых, интуитивных систем, позволяющих просто и быстро обрабатывать базовые показатели эффективности цифрового контрактного производства.

Решить такие проблемы можно с использованием простых и эффективных программных библиотек на основе IP модулей, реализованных в интуитивно понятной программной среде. IP модули – это законченные и полнофункциональные модули прикладного программного обеспечения с открытым кодом. В данной работе реализован интуитивно понятный расчёт долгосрочных инвестиций с использованием IP модулей в среде MathworksMatlab R2016b [3, С. 4]. Такой подход позволил создать банк простых программных IP модулей оценки показателей эффективности цифрового инструментального производства.

Цель работы – реализация IP модулей для автоматизированного расчёта показателей долгосрочных инвестиций.

Для достижения заявленной цели в работе предусматривается решение следующего комплекса задач:

- анализ существующих методов анализа долгосрочных инвестиций;
- оценка возможных способов реализации расчётов;
- разработка методики работы с программными средами;
- разработка библиотеки программных IP модулей, реализующих необходимые расчёты.

Прикладные IP модули реализуют концепцию автоматизированных расчётов и представляют собой программный код, обрабатываемый в среде MathworksMatlab R2016b [4, С. 3].

1. Классификация методов анализа инвестиционных проектов

Классификация методов анализа инвестиционных проектов подробно рассмотрена в [5, С. 6]. Анализ предпочтительности подразумевает выбор наилучших ИП, обеспечивающих в будущем формирование прибыли [6, С. 4]. Проблема оценки ИП и подходы к ее автоматизации рассмотрим в части количественной оценки эффективности

инвестиций с учетом особенностей автоматизации исчисления базовых характеристик с использованием MathworksMatlab R2016b.

Совокупность показателей, применяемых для оценки эффективности инвестиций, можно разбить на две группы, в зависимости от того, учитывают они или нет фактор времени [7, С. 3]. Классификация наиболее широко применяемых в мировой практике показателей оценки эффективности инвестиций согласно выделенному признаку приведена на рис. 1 [5, С. 6].

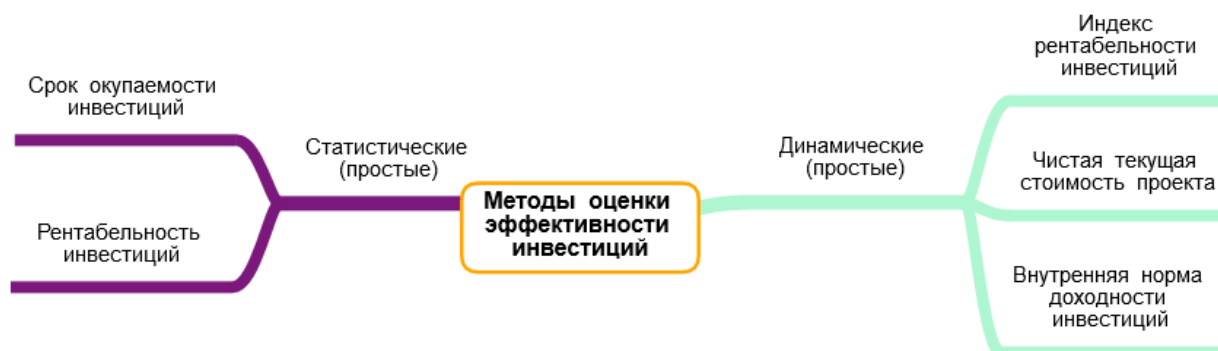


Рис. 1 – Классификация показателей оценки эффективности инвестиций

Основное внимание уделим автоматизации оценки с использованием решения MathworksMatlab R2016b количественных показателей: чистой современной стоимости, индекса рентабельности проекта и внутренней нормы доходности.

Значения чистой современной стоимости (netpresentvalue — NPV) заключается в том [7, С. 10], чтобы найти разницу между инвестиционными затратами и будущими доходами, выраженную в скорректированной во времени (как правило, к началу реализации проекта) денежной величине. При заданной норме дисконта можно определить современную величину всех оттоков и притоков денежных средств в течение экономической жизни проекта, а также сопоставить их друг с другом. Результатом такого сопоставления будет положительная или отрицательная величина (чистый приток или чистый отток денежных средств), которая показывает, удовлетворяет или нет проект принятой норме дисконта.

Индекс рентабельности (benefit-costratio, profitabilityindex — PI) показывает [7, С. 12], сколько единиц современной величины денежного потока приходится на единицу предполагаемых первоначальных затрат. Если величина критерия $PI > 1$, то современная стоимость денежного потока проекта превышает первоначальные инвестиции, обеспечивая тем самым наличие положительной величины NPV. При этом норма рентабельности превышает заданную, и проект следует принять.

Внутренняя норма доходности (internalrateofreturn — IRR) — наиболее широко используемый критерий эффективности инвестиций [7, С. 20]. Под внутренней нормой доходности понимают процентную ставку, при которой чистая современная стоимость инвестиционного проекта равна нулю. В общем случае, чем выше величина IRR, тем больше эффективность инвестиций. На практике величина IRR сравнивается с заданной нормой дисконта r . При этом если $IRR > r$, проект обеспечивает положительную NPV и доходность, равную $IRR - r$. Если $IRR < r$, затраты превышают доходы, и проект будет убыточным. Общее правило IRR: если $IRR > r$, то проект принимается, иначе его следует отклонить.

2 Архитектура IP модулей анализа долгосрочных инвестиций

Рассмотрим расчёты выделенных показателей в среде MathworksMatlab R2016b на примере виртуального FAB-LAB, реализующего методы "Бережливого производства" [8, С.4].

Пусть создается виртуальный FAB LAB - RE:Boot. Примем, что инвестиции (IC) составляют 50 000р. Прогнозируется рост акции данной компании с формированием доходной части (P_n) за 6 лет (n) (рис. 3) с нормой дисконта (r) в 10%. Необходимо оценить экономическую эффективность проекта.

Расчёт NPV выполняется на основе вводимых пользователем данных с использованием IP модуля, программный код по расчёту NPV_1 и PV_1 представлен на рисунке 2.

```

ic1 = input('Введите размер инвестиций 1: ');
n = input('Введите количество лет работы компании: ');
p1 = zeros(n,1);
for i=1:n
    fprintf('Введите доход за %d год: ', i);
    p1(i) = input('');
end
r1 = input('Введите дисконт 1: ');

pv1 = 0;
for i=1:n
    pv1 = pv1 + p1(i)/(1+r1)^i;
end
fprintf('PV1 = %10d\n', pv1);
npv1 = pv1 - ic1;
fprintf('NPV1 = %10d\n\n\n', npv1);

```

Рис. 2 – Программный код расчёта NPV₁ и PV₁

Представленный код содержит необходимые формулы расчёта NPV и реализует простой интерфейс для работы. Он выполняется в MathworksMatlab R2016b и предоставляет пользователю последовательно ввести все используемые данные в рабочем окне и сразу увидеть результат расчёта.

Рабочее окно программы для примера расчёта NPV₁ и PV₁ представлена на рисунке 3.

```

>> npv_inp_out
Введите размер инвестиций 1: 50000
Введите количество лет работы компании: 6
Введите доход за 1 год: 12000
Введите доход за 2 год: 15000
Введите доход за 3 год: 17000
Введите доход за 4 год: 20000
Введите доход за 5 год: 22000
Введите доход за 6 год: 25000
Введите дисконт 1: 0.1
PV1 = 7.751052e+04
NPV1 = 2.751052e+04

```

Рис. 3 – Рабочее окно программы расчёта NPV₁ и PV₁

Поскольку NPV положительна, то в случае отсутствия иных решений проект может быть принят. Инвестиции окупятся согласно расчётам в течении 5 лет.

В другом примере, формируется инвестиционный пакет развития двух новых компаний: RE:Boot и ITMasters, с учетом принятой нормы дисконта составляет 10% (таблице 1).

Таблица 1 – Оценки базовых показателей

Фирма	IC тыс. руб.	PV тыс. руб.	NPV тыс. руб.
RE:Boot	50.0	77.510	27.510
ITMasters	85.0	112.510	27.510

В результате оценки NPV обоих проектов составляет 27510 р., что не позволяет однозначно выбрать наилучший вариант. Следовательно, кроме абсолютных показателей эффективности целесообразно применять относительные показатели [9, С. 5]: индекс рентабельности (PI) и внутреннюю норму доходности. Осуществим расчёт PI. Программный код расчёта NPV₂ и PV₂ дан на рисунке 4.

```

ic2 = input('Введите размер инвестиций 2: ');
p2 = zeros(n,1);
for i=1:n
    fprintf('Введите доход за %d год: ', i);
    p2(i) = input('');
end
r2 = input('Введите дисконт 2: ');
pv2 = 0;
for i=1:n
    pv2 = pv2 + p2(i)/(1+r2)^i;
end
fprintf('PV2 = %10d\n', pv2);
npv2 = pv2 - ic2;
fprintf('NPV2 = %10d\n\n\n', npv2);

pi1 = pv1 / ic1;
pi2 = pv2 / ic2;
fprintf('Индекс рентабельности 1: %d\n', pi1);
fprintf('Индекс рентабельности 2: %d\n', pi2);

pii = 2;
if (pi1 > pi2)
    pii = 1;
end

fprintf('Таким образом, проект %d обеспечивает большую рентабельность
fprintf('Перейдём к расчёту внутренней нормы доходности (IRR)\n');

```

Рис. 4 – Исходный код расчёта NPV₂ и PV₂ и PI

```

Введите размер инвестиций 2: 85000
Введите доход за 1 год: 20000
Введите доход за 2 год: 25000
Введите доход за 3 год: 30000
Введите доход за 4 год: 32000
Введите доход за 5 год: 33000
Введите доход за 6 год: 15556
Введите дисконт 2: 0.1
PV2 = 1.125102e+05
NPV2 = 2.751021e+04

Индекс рентабельности 1: 1.550210e+00
Индекс рентабельности 2: 1.323650e+00
Таким образом, проект 1 обеспечивает большую рентабельность
инвестиций и в случае невозможности реализации обоих проектов ему следует
отдать предпочтение.

```

Рис. 5 – Методика расчёта NPV₂ и PV₂ и PI

Следовательно, решение RE:Boot обеспечивает большую рентабельность инвестиций и в случае невозможности реализации обоих проектов следует выбрать его.

Перейдём к расчёту внутренней нормы доходности (IRR). Она определяется по методике, реализация которой представлен на рисунке 6.

```

syms IRR
eqn1 = -ic1;
for i=1:n
    eqn1 = eqn1 + p1(i)/(1+IRR)^i;
end

fprintf('Уравнение для IRR: \n');
disp(eqn1)
s = solve(eqn1, IRR, 'Real', true);
ss = vpa(s);

for i=1:size(ss)
    if (ss(i) > 0 )
        sch = ss(i);
        fprintf('IRR = %5s\n', sch);
    end
end

fprintf('Результат анализа безопасности показал что IRR > r на ');
disp((ss(i,1) - r1)*100);
fprintf('процентов. \n');

```

Рис. 6 – Программный код расчёта IRR

Графическое представление кода см. на рис. 7.

```

Перейдём к расчёту внутренней нормы доходности (IRR)
Уравнение для IRR:
12000/(IRR + 1) + 15000/(IRR + 1)^2 + 17000/(IRR + 1)^3 + 20000/(IRR + 1)^4 +
+ 20000/(IRR + 1)^4 + 22000/(IRR + 1)^5 + 25000/(IRR + 1)^6 - 50000

IRR = 0.24891805327678177359522438657695
Результат анализа безопасности показал что IRR > r
IRR > r на 14.891805327678177359522438657695
процентов.

```

Рис. 7 – Пример расчёта IRR

Анализируя, что $IRR > r$ на 15%, можно выбрать проект RE:Boot, даже при притоке наличности ниже предполагаемого, фирма всё-таки сможет окупить свои затраты.

При оценке ПИ целесообразно оценивать риски и показатели проекта с позиций страхования [11, С. 3]. Например, риски стихийных бедствий, пожара, риски строймонтажа, риски простоя в производстве, противоправные действия третьих лиц и другие [12, С. 5].

Страховая сумма по договору страхования обычно берется в размере, пропорциональном величине инвестиций либо в размере инвестиций и части прибыли по проекту в размере безрисковой ставки [13, С. 4].

В итоге формируется комплексное решение для автоматизированного сопровождения развертывания цифрового инструментального производства в условиях сквозного обеспечения качества [14, С. 6].

Предлагаемая автоматизированная реализация методики оценки инвестиционных показателей позволяет давать комплексную оценку современным MES-систем (Manufacturing Execution System - Система Исполнения Производства), объединяющие разрозненные “лоскутки автоматизации” на предприятии и повышающие конкурентоспособность предприятия за счет увеличения гибкости производства и снижения издержек, детального планирования и моделирования производственных процессов [15, С. 5].

Используя данные оценки, MES-системы позволяют оценить инвестиционные показатели производственной деятельностью в соответствии с поступающими заказами, требованиями конструкторской и технологической документации, актуальным состоянием оборудования, преследуя при этом цели максимальной эффективности и минимальной стоимости выполнения производственных процессов [16, С. 6].

Заключение

Предложенная в работе библиотека IP модулей для среды MathworksMatlab R2016b позволяет эффективно выполнять финансовый анализ различных задач оценки ИП. Полученные результаты направлены на автоматизированную оценку инвестиционной картины типового цифрового инструментального производства в среде Matlab.

Список литературы / References

1. Арабов Д. И., Власов А. И., Гриднев В. Н., Григорьев П. В. Концепция цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники / Арабов Д. И., Власов А. И., Гриднев В. Н., Григорьев П. В. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5-3 (47). – С. 23-34.
2. Арабов Д. И., Верясова А. Ю., Гриднев В. Н. Комплексное макетирование узлов вычислительной техники с использованием инфраструктуры цифрового производства (FAB-LAB) в условиях сквозного обеспечения качества / Арабов Д. И., Верясова А. Ю., Гриднев В. Н. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2016. – № 1. – С. 189-192.
3. Маркелов В. В., Власов А. И., Зотьева Д. Е. Автоматизация методов входного статистического контроля при управлении качеством изделий электронной техники в среде MATLAB / Маркелов В. В., Власов А. И., Зотьева Д. Е. // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 3 (7). – С. 38-43.
4. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Control System Toolbox. MATLAB 5 для студентов / Под общей ред. к.т.н. В.Г.Потемкина – М. Диалог-МИФИ, 1999. – 287 с.
5. Глотов Е. А., Череватенко В. А. Реализация методов имитационного моделирования рисков инвестиционных проектов средствами MS Excel / Глотов Е. А., Череватенко В. А. // Бизнес Информ. 2014. №9. С. 119 - 124.
6. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 203 с.: ил.
7. Романов А.Н. Компьютеризация финансово-экономического анализа коммерческой деятельности фирм. Учебное пособие для вузов. —М.: Интерпакс, 1994. – 314 с.
8. Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. Картирование потока создания ценностей в концепции "Бережливого производства" / Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – №2 (162). – С. 23-27.
9. Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. Системный анализ "Бережливого производства" инструментами визуального моделирования / Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – №4 (160). – С. 19-24.
10. Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. Система 5S-технология создания эффективного рабочего места в концепции "Бережливого производства" / Власов А. И., Ганев Ю. М., Карпунин А. А. // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – № 1 (161). – С. 65-68.
11. Жалнин В.П. Автоматизация рабочего места продавца страховых услуг / Жалнин В.П. // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 7 (63). – С. 101-103.
12. Жалнин В.П. Методический подход к созданию новых страховых продуктов / Жалнин В.П. // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 7 (63). – С. 198-203.
13. Власов А. И., Овчинников Е. М. Банковские и корпоративные автоматизированные информационные системы. Принципы, средства и системы документооборота коммерческого банка - М.: УЦ "Газпром", 1999. – 107 с.
14. Власов А. И., Маркелов В. В., Камышная Э. Н. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / Власов А. И., Маркелов В. В., Камышная Э. Н. // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1 (5). – С. 35-42.
15. Власов А.И., Маркелов В.В., Зотьева Д.Е. Управление и контроль качества изделий электронной техники. семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники // Датчики и системы. – 2014. – № 8 (183). – С. 55-66.
16. Власов А. И., Маркелов В. В., Зотьева Д. Е. Функциональная визуальная модель контроля качества ЭС / Власов А. И., Маркелов В. В., Зотьева Д. Е. // Проектирование и технология электронных средств. – 2014. – № 1. – С. 25-30.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Arabov D. I., Vlasov A. I., Gridnev V. N., Grigor'ev P. V. Koncepciya cifrovogo instrumental'nogo proizvodstva (FAB LAB) dlya prototipirovaniya izdelij ehlektronnoj tekhniki [The concept of digital tool production (FAB LAB) for prototyping of products of the electronic equipment] / Arabov D. I., Vlasov A. I., Gridnev V. N., Grigor'ev P. V. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. [International research magazine] – 2016. – № 5-3 (47). – P. 23-34. [in Russian]
2. Arabov D. I., Veryasova A. YU., Gridnev V. N. Kompleksnoe maketirovanie uzlov vychislitel'noj tekhniki s ispol'zovaniem infrastruktury cifrovogo proizvodstva (FAB-LAB) v usloviyah skvoznogo obespecheniya kachestva [Complex prototyping of nodes of computer facilities with use of infrastructure of digital production (FAB-LAB) in the conditions of end-to-end quality assurance] / Arabov D. I., Veryasova A. YU., Gridnev V. N. // Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo. [Works of the international symposium Reliability and quality] – 2016. – № 1. – P.189-192. [in Russian]
3. Markelov V. V., Vlasov A. I., Zot'eva D. E. Avtomatizaciya metodov vhodnogo statisticheskogo kontrolya pri upravlenii kachestvom izdelij ehlektronnoj tekhniki v srede MATNLAB [Automation of methods of incoming statistical inspection in case of quality management of products of the electronic equipment in the environment of MATLAB] / Markelov V. V., Vlasov A. I., Zot'eva D. E. // Nadezhnost' i kachestvo slozhnyh sistem. [Reliability and quality of difficult systems] – 2014. – № 3 (7). – P. 38-43. [in Russian]
4. Medvedev V.S., Potemkin V.G. Control System Toolbox. MATLAB 5 dlya studentov [Control System Toolbox. MATLAB 5 for students] / Pod obshchej red. k.t.n. V.G.Potemkina – M. Dialog-MIFI, 1999. – 287 p. [in Russian]
5. Glotov E. A., Cherevatenko V. A. Realizaciya metodov imitacionnogo modelirovaniya riskov investicionnyh projektov sredstvami MS Excel [Implementation of methods of imitating modeling of risks of investment projects means MS Excel] // Biznes Inform [Business Inform]. 2014. №9. S. 119 - 124.

6. Oshchepkov A.YU. Sistemy avtomaticheskogo upravleniya: teoriya, primeneniye, modelirovaniye v MATLAB [Systems of automatic control: the theory, application, modeling in MATLAB]: uchebnoye posobie. – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2013. – 203 p.: il. [in Russian]
7. Romanov A.N. Komp'yuterizatsiya finansovo-ehkonomicheskogo analiza kommercheskoj deyatel'nosti firm. [Computerization of the financial and economic analysis of a business activity of firms.] Uchebnoye posobie dlya vuzov. — M.: Interpaks, 1994. – 314 p. [in Russian]
8. Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. Kartirovaniye potoka sozdaniya cennostej v koncepcii "Berezhlivogo proizvodstva" [Mapping of a flow of value creation in the concept of "Economical production"] / Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. [Information technologies in designing and production] – 2016. – №2 (162). – P. 23-27. [in Russian]
9. Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. Sistemnyj analiz "Berezhlivogo proizvodstva" instrumentami vizual'nogo modelirovaniya [The system analysis of "Economical production" instruments of visual modeling] / Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. [Information technologies in designing and production] – 2015. – №4 (160). – P. 19-24. [in Russian]
10. Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. Sistema 5S-tekhnologiya sozdaniya ehffektivnogo rabocheho mesta v koncepcii "Berezhlivogo proizvodstva" [Sistema 5S-technology of creation of an effective workplace in the concept of "Economical production"] / Vlasov A. I., Ganey YU. M., Karpunin A. A. // Informacionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve. [Information technologies in designing and production] – 2016. – № 1 (161). – P. 65-68. [in Russian]
11. ZHalnin V.P. Avtomatizatsiya rabocheho mesta prodavca strahovyh uslug [Automation of a workplace of the seller of insurance services] / ZHalnin V.P. // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. [Modern scientific research and innovations] – 2016. – № 7 (63). – P. 101-103. [in Russian]
12. ZHalnin V.P. Metodicheskij podhod k sozdaniyu novyh strahovyh produktov [Methodical approach to creation of new insurance products] / ZHalnin V.P. // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. [Modern scientific research and innovations] – 2016. – № 7 (63). – P. 198-203. [in Russian]
13. Vlasov A. I., Ovchinnikov E. M. Bankovskie i korporativnye avtomatizirovannye informacionnye sistemy. Principy, sredstva i sistemy dokumentooborota kommercheskogo banka [The bank and corporate automated information systems. The principles, means and systems of document flow of commercial bank] - M.: UC "Gazprom", 1999. – 107 p. [in Russian]
14. Vlasov A. I., Markelov V. V., Kamyshnaya EH. N. Sistemnyj analiz processa upravleniya kachestvom izdelij ehlektronnoj tekhniki [System analysis of a quality management process of products of the electronic equipment] / Vlasov A. I., Markelov V. V., Kamyshnaya EH. N. // Nadezhnost' i kachestvo slozhnyh sistem. [Reliability and quality of difficult systems] – 2014. – № 1 (5). – P. 35-42. [in Russian]
15. Vlasov A.I., Markelov V.V., Zot'eva D.E. Upravlenie i kontrol' kachestva izdelij ehlektronnoj tekhniki. sem' osnovnyh instrumentov sistemnogo analiza pri upravlenii kachestvom izdelij ehlektronnoj tekhniki [Management and quality control of products of the electronic equipment. seven main tools of the system analysis in case of quality management of products of the electronic equipment] // Datchiki i sistemy. [Sensors and systems] – 2014. – № 8 (183). – P. 55-66. [in Russian]
16. Vlasov A. I., Markelov V. V., Zot'eva D. E. Funkcional'naya vizual'naya model' kontrolya kachestva EHS [Functional visual model of quality control of ES] / Vlasov A. I., Markelov V. V., Zot'eva D. E. // Proektirovaniye i tekhnologiya ehlektronnyh sredstv. [Designing and technology of electronic means] – 2014. – № 1. – P. 25-30. [in Russian]



Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.021>

Гайнуллин И.А.

ORCID: 0000-0003-4280-1095, кандидат технических наук, доцент

Институт развития образования Республики Башкортостан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА НА УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ**Аннотация**

В статье рассматриваются воздействие гусеничного трактора на почву. Предложена методика определения нормальных давлений и напряжений в почве на различной глубине. Датчики давления устанавливались на глубину 0,2 м, 0,5 м, 0,8 м. Замеры давлений проводились при движении трактора режиме холостого хода и с нагрузкой на крюке 80 кН с точкой ее приложения на высоте 0,4 м от опорной поверхности. Представлены экспериментальные значения давления на почву трактора Т-170М1.03-55 в зависимости от скорости движения и тяговой нагрузки. Эпюра нормальных давлений имеют два локальных экстремума – в зонах первого и шестого опорных катков, составляет 220...282,1 кПа. При движении трактора без тяговой нагрузки наибольшее давление сосредоточено в области передних опорных катков, значительное превышение величины давления под первым катком следует отнести за счет смещения вперед центра давления трактора. При движении трактора с тяговой нагрузкой наибольшие давления сосредоточены в области задних опорных катков. Увеличение скорости движения с 0,88 до 2,41 м/с трактора приводит к снижению значения максимального давления на 5-10%.

Ключевые слова: трактор, давление, датчик давления, скорость, почва.

Gaynullin I.A.

ORCID: 0000-0003-4280-1095, PhD in Engineering, associate Professor,

The Institute for the development of education of the Republic of Bashkortostan

EXPERIMENTAL STUDY OF TRACK-TYPE TRACTOR SPEED INFLUENCE ON SOIL SEALING**Abstract**

The paper examines the impact of a track-type tractor on a soil. The author proposed a method for determination of normal pressures and stresses in soil at different depths. The pressure sensors were set to a depth of 0.2 m, 0.5 m, 0.8 m. The measurements of pressure were taken when the tractor was running in idle mode and with a hook load of 80 kN with a point of application at a height of 0.4 m from the bearing surface. The experimental pressure values of the tractor T-170M1.03-55 on the soil depending on the speed and traction load are presented in the paper. The diagram of normal pressures has two local extrema - in the areas of the first and sixth support rollers – 220...282.1 kPa. When the tractor moves without traction, the greatest pressure is concentrated in the area of the front track rollers, a significant excess of the pressure under the first roller can be explained by the forward displacement of the tractor's center of pressure. When the tractor moves with traction, the greatest pressure is concentrated in the area of the rear support rollers. An increase in the tractor speed from 0.88 to 2.41 m/s leads to a decrease in the value of the maximum pressure by 5-10%.

Key words: tractor, pressure, pressure sensor, speed, soil.

В настоящее время технологии возделывания сельскохозяйственных культур сопровождается многократными проходами техники по полю. В результате почва уплотняется, что приводит к ухудшению основных физических и физико-механических свойств пахотного и подпахотного слоев, снижению урожайности культур и увеличению затрат энергии на выполнение работ. Это проблема становится все острее с применением тяжелых колесных тракторов и комбайнов. Повышенная скорость их движения вызывает большие динамические нагрузки на почву и ее чрезмерное уплотнение.

Сохранение плодородия почвы в значительной степени зависит от воздействия на нее машинно-тракторных агрегатов при выполнении механизированных полевых работ. При этом значительное влияние оказывает движители тракторов [1, С. 62], [2, С. 48]. Сейчас все больше внимание уделяется ресурсосберегающим технологиям, использованию широкозахватных скоростных комбинированных агрегатов [3, С. 10].

В результате прохода тракторов по полю в почве образуются уплотненные зоны, концентрирующиеся вокруг следов трактора. Они оказывают влияние на водный, воздушный и питательный режим в почве потому, что уплотненная почва сильнее испаряет влагу и является концентратором, к которому идет естественный приток влаги, что способствует иссушению почвы. При этом возрастает глыбистость пашни, снижается равномерность заделки семян и их полевая всхожесть.

Вопросы взаимодействия ходовых систем гусеничных тракторов с почвой и обоснования рациональных параметров освещены в работах А.С. Антонова, Е.Д. Львова, Н.А. Забавникова, М.Г. Беккера, Дж. Вонга, М.И. Медведева, Е.М. Харитончика, В.В. Гуськова, А.В. Васильева, Е.Н. Докучаевой, О.Л. Уткин-Любовцова, М.И. Ляско, И.П. Ксенович, В.А. Скотникова, Б.Н. Пинигина, Б.М. Куликова и многих других ученых.

Как показывает анализ литературных источников, эпюру воздействия гусеничного движителя трактора с жесткой или полужесткой подвеской на почву принято изображать в виде трапеции, высота которой равна длине опорной поверхности, а ее основание пропорционально расстоянию от вертикальной поперечной плоскости, проходящей через центр масс трактора, до поперечной плоскости, проходящей через крайнюю точку опорной поверхности гусеницы. При совпадении центра давления трактора на почву с серединой опорной длины гусеницы эпюра нормальных реакций почвы отображается прямоугольником, то есть нагрузка на почву по длине опорной поверхности одинакова. По мере смещения центра давления трактора вперед или назад от середины опорной длины гусеницы, последовательно получаются разные (трапеции или треугольники) эпюры нормальных реакций почвы. При этом оптимальной формой эпюры удельных давлений является прямоугольник. Такое представление эпюры давлений, без учета механики

грунтов, скорости и нагрузочных режимов трактора, делает довольно простым аналитические выводы по их количественной оценке.

Цель исследований: оценить влияния скорости движения гусеничного трактора на уплотнение почвы.

Объектом испытаний является трактор двойного назначения Т-170М1.03-55 с эксплуатационной массой 16100 кг и с шириной гусеницы 500 мм. Опыты проводились на испытательной базе ОАО ЧТЗ (п.Мисяш).

Для замеров использовались силоизмерительные датчики типа С-20 ГОСТ 15077-71 со специальными изготовленными насадками, воспринимающих через почвы давление от движителей и передающие его на силоизмерительный стержень датчика. Выходной сигнал с датчика с помощью соединительного кабеля передавался на тензоусилитель и далее на регистрирующую аппаратуру.

На дно траншеи дно траншеи по ее продольной оси устанавливали на различной глубине (0,2; 0,5; 0,8 м) три датчика: первый и третий – на расстоянии не менее 5 м от начала и от конца опорного основания (рис.1). Расстояние между соседними датчиками определялось:

$$L_d = K \cdot t_r + 0,25 \cdot t_r = 3 \cdot 0,203 + 0,25 \cdot 0,203 = 0,66 \text{ м},$$

где, t_r – шаг гусеничной цепи; K – одно из чисел натурального ряда (1, 2, 3...), которое выбирают при условии $K t_r > 0,5$.

Траншею с установленными датчиками засыпали песком и прикатывали трактором в одном и другом направлении.

Нагружение движущего трактора осуществлялось силой 0...80 кН, приложенной к тягово-сцепному устройству с помощью самоходной динамической лаборатории СДЛ-30 на базе трактора ДЭТ-250 через тензозвено с выводом параметров на регистрирующую аппаратуру. Определение величин давлений на почву, воспринимаемых датчиками, осуществлялось при проходе одной гусеницей трактора по участку с установленными датчиками так, чтобы продольные линии гусеницы совпадали с размеченной осевой линией.

Замеры давлений проводились при движении трактора режиме холостого хода $P_{кр}=0$ и с нагрузкой на крюке 80 кН с точкой ее приложения на высоте 0,4 м от поверхности. Результаты представлены на табл.1 и рис.2.

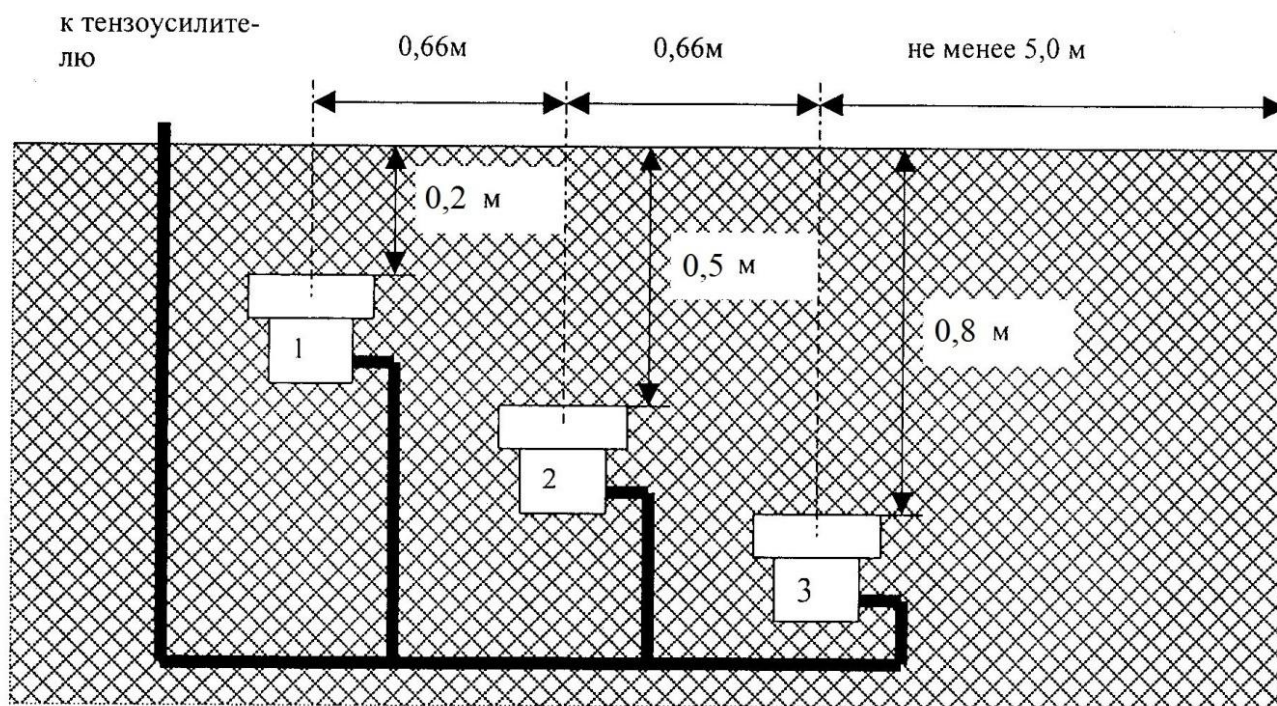


Рис. 1 – Расположение датчиков: 1 – первый, 2 – второй и 3 – третий

Примечание: масштаб 1 к 20

Анализ измеренных на глубине 0,2 м эпюр давлений при проходе трактора Т-170М1.03-55 по песчаному опорному основанию показали, что эпюры нормальных давлений имеют два локальных экстремума – в зонах первого и шестого опорных катков, составляет 220...282,1 кПа; при движении трактора без крюковой нагрузки наибольшее давления сконцентрированы в области передних опорных катков, значительное превышение величины давления под первым катком следует отнести за счет смещения вперед центра давления трактора; при движении трактора с крюковой нагрузкой наибольшие давления сконцентрированы в области задних опорных катков. Аналогичные закономерности изменения максимальных давлений имеются на почвенных слоях, с уменьшением абсолютных значений с увеличением глубины расположения датчика. Увеличение скорости движения от 0,88 до 2,41 м/с трактора приводит к снижению значения максимального давления на 5-10%.

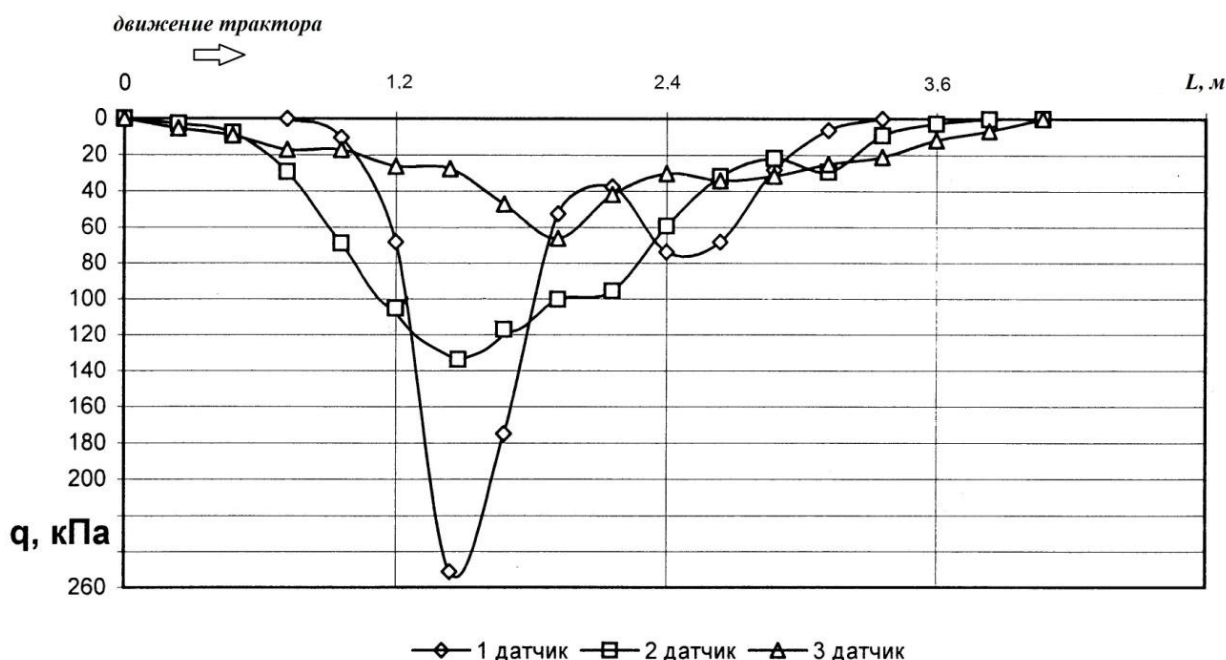


Рис. 2 – Эпюры напряжений q трактора Т-170М1.03-55 по длине L , записанные с помощью датчиков, установленных на глубине 0,2; 0,5; 0,8 м

Таблица 1 – Экспериментальные значения давления на почву трактора Т-170М1.03-55 в зависимости от скорости движения и тяговой нагрузки

Скорость движения трактора, м/с		Максимальное давление (напряжения) на почву, кПа		
		h = 20 см	h = 50 см	h = 80 см
$P_{кр} = 0$ кН	0,88	282,10	133,30	56,80
	1,33	276,30	130,10	60,00
	2,41	255,40	120,20	50,40
$P_{кр} = 50$ кН	1,04	230,30	106,00	50,20
$P_{кр} = 80$ кН	1,27	220,60	100,10	40,30

Таким образом, максимальные давления трактора Т-170М1.03-53 при работе с номинальным тяговым усилием не соответствует предельно допустимым нормам по ГОСТ 26955-86, при этом эпюра давлений по длине опорной поверхности имеет два локальных экстремума в зоне 1-го и 6-го опорных катков. Аналогичные закономерности изменения максимальных давлений имеются на почвенных слоях, с уменьшением абсолютных значений с увеличением глубины расположения датчика (0,2; 0,5; 0,8м).

Дальнейшее снижение уплотнения почвы возможно за счет увеличения ширины гусеницы и оптимизации геометрии опорной поверхности гусеничного движителя. Увеличение скорости движения с 0,88 до 2,41 м/с трактора приводит к снижению значения максимального давления на 5-10%.

Список литературы / References

1. Гайнуллин И.А. Повышение тягово-сцепных и экологических показателей гусеничного трактора / И.А. Гайнуллин, В.И. Костюченко, А.Р. Зайнуллин // Вестник МГАУ. – М., 2009. – № 1. – С. 62–65.
2. Гайнуллин И.А. Воздействие гусеничного трактора на почву и эффективные пути его снижения / И.А. Гайнуллин // Вестник ЧГАУ, Челябинск, 2005. – Т. 45. – С. 48–49.
3. Гайнуллин И.А. Эффективность работы посевных комбинированных агрегатов / И.А. Гайнуллин, Р.Р. Хисаметдинов, А.В. Ефимов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 10–12.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gaynullin I.A. Povyshenie t'jagovo-scepn'nyh i jekologicheskikh pokazatelej gusenichnogo traktora [Increasing the towing hitches and ecological indicators of caterpillar tractors] / A.I. Gaynullin, V.I. Kostyuchenko, A.R. Zaynullin // Vestnik MGAU [Bulletin of the MGAU]. – M., 2009. – № 1. – P. 62–65. [in Russian]
2. Gaynullin I.A. Vozdejstvie gusenichnogo traktora na pochvu i jeffektivnye puti ego snizhenija [The impact of the caterpillar tractor on the soil and effective ways of reducing it] / I.A. Gaynullin // Vestnik CHGAU [Bulletin of CHGAU], Chelyabinsk, 2005. – T. 45. – P. 48–49. [in Russian]
3. Gaynullin I.A. Jefferktivnost' raboty posevnyh kombinirovannyh agregatov [The Efficiency of seed combined units] / I.A. Gaynullin, R.R. Khisametdinov, A.V. Efimov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva [Mechanization and electrification of agriculture]. – 2010. – № 3. – P. 10–12. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.066>Грехова Ю.С.¹, Биглова А.Д.², Ефремова О.А.³¹Магистрант, ²Магистрант, ³Кандидат технических наук, Доцент,

Уфимский государственный авиационный технический университет (УГАТУ)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ БИБЛИОТЕК

Аннотация

Целью данной статьи является описание проведённого исследования в области анализа основных статистических показателей эффективности функционирования муниципальных библиотек города Уфы республики Башкортостан и их геостатистической обработки.

Результат исследования представляет собой разработанное программное обеспечение, которое позволяет картировать библиотеки районов города, анализировать их по параметрам, а затем визуализировать, и на основе полученного, организовывать поддержку принятия решений о направлении финансирования на малообеспеченные библиотеки сети.

Ключевые слова: геостатистическая обработка данных, муниципальные библиотеки, программное обеспечение, статистические показатели.

Grekhova Yu.S.¹, Biglova A.D.², Efremova O.A.³¹Undergraduate, ²Undergraduate, ³PhD in Engineering, Associate Professor,

Ufa State Aviation Technical University

SOFTWARE FOR ANALYSIS OF GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED INFORMATION ON MAIN EFFICIENCY INDICATORS OF THE MUNICIPAL LIBRARY FUNCTIONING

Abstract

The goal of this paper is to describe the research carried out in the analysis of the basic statistical indicators of the efficiency of municipal libraries in the city of Ufa in the Republic of Bashkortostan and their geostatistical processing.

The result of the study is a developed application allowing to map the libraries in city districts, to analyze them in terms of parameters, and then to visualize them, and based on the received results, to organize support for making decisions about funding of not sufficiently financed libraries.

Keywords: geostatistical data processing, municipal libraries, software, statistical indicators.

Введение

Целью работы является разработка программного обеспечения для анализа территориально распределённой информации об основных показателях эффективности функционирования муниципальных библиотек на примере города Уфы для выявления наиболее активно посещаемых библиотек и формирования планов развития их сети на территории города [9], [5].

В общепринятом значении библиотека – это место выдачи книг, но в современности она утратила свою основную функцию и не является простым книгохранилищем. Сейчас это справочный, информативный, развлекательный, просветительный, образовательный центр, играющий огромную роль в культурном развитии города и его жителей. Библиотека – учреждение, способствующее умственному, духовному и нравственному развитию социума, оказывающее влияние на просвещение населения страны [8].

Для проведения статистического анализа показателей эффективности функционирования городской библиотечной сети необходима разработка соответствующего программного обеспечения (ПО), позволяющего осуществить анализ представленной информации в привязке к определённой территории с использованием ГИС-технологий. ГИС – это географическая информационная система, которая позволяет картировать объекты окружающего мира, а затем анализировать их по огромному количеству параметров, визуализировать их и на основе этих данных прогнозировать самые различные события и явления [10], [2].

Для определения посещаемости библиотек предлагается использовать геостатистическую обработку данных, позволяющую наглядно классифицировать и выявлять наиболее активно посещаемые библиотеки с целью их дальнейшего финансирования, направленного на улучшение качества обслуживания читателей, а именно:

- пополнение библиотечного фонда с целью привлечения большего количества посетителей;
- разработку и продвижение информационного обеспечения библиотеки с доступом к её электронным ресурсам;
- обеспечение возможности использования данных других библиотек с локального места читателя;
- создание комфортабельных условий пользования всеми имеющимися библиотечными ресурсами;
- участие в местных, районных и федеральных конкурсах [7].

1. Анализ основных статистических показателей учёта эффективности работы библиотек

Библиотечная статистика – это важный атрибут для учёта библиотечной работы [6], [1]. Основными показателями библиотечной статистики являются:

1. Посещаемость – определяет популярность и активность данной библиотеки [11]. Этот показатель рассчитывается как среднее число посещений читателей, которое приходится на одного зарегистрированного посетителя в год (1).

$$Пос = \frac{П}{A}, \quad (1)$$

где $Пос$ – коэффициент посещаемость библиотеки;

$П$ – количество посещений библиотеки зарегистрированными читателями библиотеки за год;

A – число зарегистрированных читателей в библиотеке.

2. Книгообеспеченность – это уровень удовлетворения читателей в потребности книг [11]. Данный показатель позволяет провести анализ используемости фонда, а также осуществить качественное его формирование.

Данный показатель вычисляется как соотношение суммарного количества книг (общий фонд) к посещаемости (2).

$$KH = \frac{OF}{П}, \quad (2)$$

где KH – коэффициент книгообеспеченности;

$П$ – количество посетителей библиотеки, взявших литературу на дом;

OF – общий фонд библиотеки, доступный для читателей ресурс.

3. Библиотекообеспеченность – это показатель количества библиотек, приходящихся на душу населения. Характеристика рассчитывается по следующей формуле (3).

$$BO = \frac{K}{Ч}, \quad (3)$$

где BO – библиотекообеспеченность;

K – суммарное количество библиотек в районе;

$Ч$ – население района.

Перечисленные выше показатели позволяют, в первую очередь, контролировать выполнение планов (норм, заданий), а также сохранять и множить материальные ценности и, наконец, документировать ход и итоги работы муниципальных библиотек [11], [1].

2. Обоснование выбора метода классификации основных показателей эффективности работы библиотек с использованием ГИС-технологий

При выполнении классификации геостатистических данных используются различные методы, которые необходимы для определения геостатистических слоев или классификации числовых полей для применения градуированных символов [2]. Одним из таких методов является «Метод заданных квантиль». При использовании данного метода каждый класс содержит одинаковое число объектов, что, в свою очередь, хорошо подходит для линейно распределенных данных, так как в каждый класс назначается одинаковое количество данных. Важной особенностью метода является то, что не бывает пустых классов, или классов, содержащих слишком малое или слишком большое количество значений [4], [10].

В нашем случае, на семь административных районов приходится три интервала, разделяющие библиотеки на малообеспеченные, где объем книжного фонда составляет от 5 до 20 тысяч единиц книг, среднеобеспеченные – более 21 тысячи, но менее 30 тысяч, и достаточно обеспеченные – более 32 тысяч единиц книг.

3. Результаты анализа территориально распределённой информации об основных показателях эффективности функционирования муниципальных библиотек

Результаты расчёта основных показателей эффективности функционирования муниципальных библиотек г.Уфы за 2015 год представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Район города	Население, тыс. чел	Библиотеки района	Пос, чел/год	KH , шт	BO , шт
Дёмский	71 588	Библиотека № 35	3 351	23 073	3
		Библиотека № 13	899	11 000	
		Библиотека № 25	2 092	31 200	
Ленинский	84 535	Библиотека № 14	1 029	21 345	4
		Библиотека № 12	843	17 342	
		Библиотека № 10	1 008	20 000	
		Библиотека № 5	3 892	25 431	
Кировский	160 546	Библиотека № 41	4 874	43 000	5
		Библиотека № 8	7 025	18 000	
		Библиотека № 2	1 909	35 900	
		Библиотека № 9	1 279	22 318	
		Библиотека № 36	1 692	31 200	
Орджонекид-зевский	168 956	Библиотека № 29	5 192	40 765	8
		Центральная городская библиотека (Юношеский отдел)	4 043	28 340	
		Библиотека № 31	2 472	34 218	
		Библиотека № 27	1 245	39 860	
		Библиотека № 49	2 340	39 900	
		Библиотека № 43	982	19 700	

Окончание табл. 2 – Исходные данные

Район города	Население, тыс. чел	Библиотеки района	Пос, чел/год	КН, шт	БО, шт
Орджонекид- зевский	168 956	Библиотека п. Н. Черкасы	467	6 312	8
		Библиотека п. Турбаслы	342	6 400	
Советский	177 523	Библиотека № 6	6 142	34 760	4
		Библиотека № 4	6 076	38 900	
		Библиотека № 23	3 019	30 580	
		Библиотека № 20	1 073	20 987	
Калининский	201 281	Библиотека № 45	789	21 610	4
		Библиотека № 32	986	26 000	
		Библиотека № 46	1 024	21 897	
		Библиотека п. Фёдоровка	408	6 301	
Октябрьский	241 238	Библиотека № 1	3 465	33 340	6
		Библиотека № 37	3 154	37 500	
		Центральная городская библиотека	9 125	90 000	
		Библиотека № 26	1 578	31 360	
		Библиотека № 15	3 072	30 011	
		Библиотека п. Нагаево	531	6 311	
Средний показатель	157 952	–	2 571	27 790	4

В итоге, получилось, что центральный Советский район является лидирующим по количеству посещений среди других районов с библиотеками, так как его активность равна 9 125 человек в год. Самое минимальное количество посещений – 342 человека в одной из библиотек Орджоникидзевского района. Всего средняя посещаемость по городу составила 2 571 человек в год.

По результатам геостатистической обработки была построена карта посещаемости библиотек города Уфы (рисунок 1), наглядно демонстрирующая, что не менее важно стоит обратить внимание, на те библиотеки, которые являются малопосещаемыми и малообеспеченными, но относятся к районам с высокой численностью населения. К примеру, это библиотеки Ленинского, Орджоникидзевского и Калининского районов г. Уфы со средними или ниже средних статистических показателей учёта эффективности работы библиотек. В связи с этим, следует, что оптимальным решением будет вариант о распределении выделяемого государственного бюджета именно на библиотеки этих трёх районов, а также на развитие библиотек Советского района.

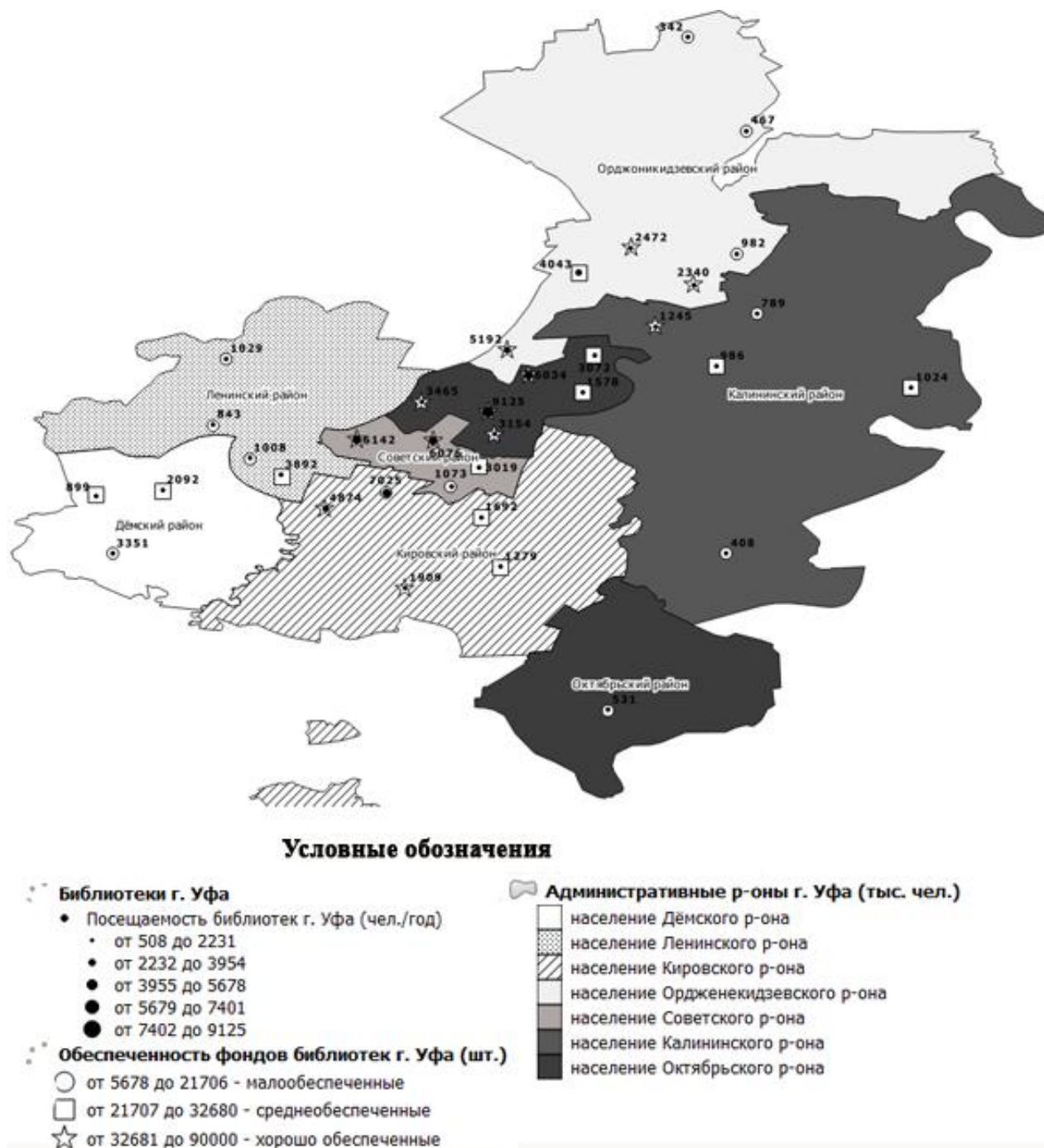


Рис. 1 – Результаты геостатистической обработки данных об основных показателях эффективности функционирования муниципальных библиотек за 2015 г.

Заключение

В ходе проведённого анализа собраны сведения, необходимые для расчёта основных статистических показателей эффективности функционирования муниципальных библиотек города Уфы Республики Башкортостан. С использованием программного обеспечения на основе ГИС-технологии сформирована карта, показывающая результаты геостатистической обработки данных об основных статистических показателях эффективности функционирования муниципальных библиотек. Проведенное исследование и разработанное программное обеспечение позволяют организовать поддержку принятия решений о направлении финансирования на малообеспеченные библиотеки многонаселённых районов для того, чтобы улучшить качество обслуживания читателей библиотечной сети на территории города.

Список литературы/ References

1. Апичкова В.П. Библиотечная статистика. Статистический отчет как показатель эффективности услуг библиотеки. // Справочник руководителя учреждения культуры. – 2007. – № 1. – С.43-53.
2. Бугаевский Л. М., Цветков В. Я. Геоинформационные системы: Учебное пособие для вузов М.: 2000. – 222 с.
3. Дворкина М.Я. Единицы учета обслуживания пользователей библиотек и органов НТИ в ГОСТ 7.20-2000 «СИБИД. Библиотечная статистика» /М.Я. Дворкина // Библиотечное дело: XXI век. — 2002. - № 3. — С. 64.
4. Ефремова О. А., Мишустин С. А. Методы интервальных оценок и классификация числовых характеристик данных Агентства по печати и средствам массовой информации РБ / О. А. Ефремова, С. А. Мишустин //

Межвузовский научный сборник: Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. УГАТУ: Уфа – 2014 г., с.138-142.

5. Организация работы централизованной библиотечной системы: инструкции и учетные формы / под ред. Р.З. Зотовой — М., 1985. - 192 с.

6. Суслова И.М. Библиотечная статистика — современное состояние проблемы: лекция / И.М.Суслова. — М.,1996. - 35 с.

7. Суслова И.М. Основы библиотечного менеджмента / И.М. Суслова. - М., 2000. - [С. 177-190].

8. Фрумин И.М. Библиотечное дело: организация и управление / И.М.Фрумин. - М.,1980. - [С.97 - 131].

9. Централизованная система массовых библиотек городского округа город Уфа Республики Башкортостан // URL: <http://www.ufa-lib.ru/> (дата обращения: 11.11.16 г.).

10. Шипулин В. Д. Основные принципы геоинформационных систем: учебн. пособие / Шипулин В. Д.; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. — Х.: ХНАГХ, 2010. — 337 с.

11. Юрьева Т. Как оценить качество работы ЦБС / Т.Юрьева // Библиотека. - 1999. - № 9. — С. 17—20.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Apichkova V. P. Statisticheskij otchet kak pokazatel' jeffektivnosti uslug biblioteki [Library statistics. Statistical report as index of efficiency of services library] // Spravochnik rukovoditelja uchrezhdenija kul'tury [Reference manual of the principal of cultural institution]. — 2007. — No. 1. — P. 43-53. [in Russian]

2. Bugayevsky L. M., Tsvetkov V. Ya. Geoinformacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja vuzov M. [Geographic information systems: Manual for M.'s higher education institutions]: 2000. — 222 p.. [in Russian]

3. Dvorkina M. Ya. Edinicy ucheta obsluzhivaniya pol'zovatelej bibliotek i organov NTI v GOST 7.20-2000 «SIBID. Biblioteknaja statistika» [Units of account of service of users библиотек and NTI organs in GOST 7.20-2000 «SIBID. Library statistikstika»] / M. Ya. Dvorkina// Biblioteknoe delo: XXI vek [Library science: 21st century]. — 2002. - No. 3. — P. 64. [in Russian]

4. Efremova O. A., Mishustin S.A. Metody interval'nyh ocenok i klassifikacija chislovyh harakteristik dannyh Agentstva po pečati i sredstvam massovoj informacii RB [Methods of interval estimates and classification of numerical characteristics of data of the Agency by the printing and mass media of RB] / O. A. Efremova, S. A. Mishustin// Mezhvuzovskij nauchnyj sbornik: Geoinformacionnye tehnologii v proektirovanii i sozdanii korporativnyh informacionnyh sistem. UGATU [Interuniversity scientific collection: Geoinformation technologies in design and creation of enterprise information systems. UGATU]: Ufa – 2014, p. 138-142. [in Russian]

5. Organizacija raboty centralizovannoj biblioteknoj sistemy: instrukcii i učetnye formy [The organization of operation of the centralized library system: instructions and registration forms] / under the editorship of R. Z. Zotova — М., 1985. - 192 p. [in Russian]

6. Suslova I. M. Biblioteknaja statistika — sovremennoe sostojanie problemy: lekcija [Library statistics — the current state of a problem: lecture(s)]. M. Suslova. — М., 1996. - 35 p. [in Russian]

7. Suslova I. M. Osnovy biblioteknogo menedzhmenta [Bases of library management] / I.M. Suslova. - М, 2000. — P. 177—190. [in Russian]

8. Frumin I. M. Biblioteknoe delo: organizacija i upravlenie [Library science: organization and control] / Y.M.Frumin. - М., 1980. - [P. 97 - 131]. [in Russian]

9. Centralizovannaja sistema massovyh bibliotek gorodskogo okruga gorod Ufa Respubliki Bashkortostan [The centralized system of mass libraries of the city district the city of Ufa of the Republic of Bashkortostan]. — URL: <http://www.ufa-lib.ru/> (accessed: 11.11.16). [in Russian]

10. Shipulin V. D. Osnovnye principy geoinformacionnyh sistem: uchebn. posobie [Basic principles of geographic information systems: Manual] / Shipulin V. D.; Hark. national. academician of mountains. hoz-va. — Х.: HNAGH, 2010. — 337 p. [in Russian]

11. Yuryeva T. Kak ocenit' kachestvo raboty CBS [How to estimate quality of operation of CLS] / T. Yuryeva // Library. — 1999. — No. 9. — P. 17—20. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.121>

Дыкин И.В.

ORCID: 0000-0002-7173-0428, аспирант,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
**ПОРОШКОВО-AКТИВИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ – МНОГОУРОВНЕВО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
 ЦЕМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ**

Аннотация

Изложены вопросы структуры и некоторые принципы синтеза дисперсно-модифицированных цементных систем, позволяющих получать бетоны нового поколения с высокими строительно-техническими свойствами и оптимизированными расходами сырьевых материалов. Описаны некоторые механизмы структурообразования, предопределяющих свойства дисперсно-оптимизированных цементных систем, а также механика получения плотных упаковок дисперсной фазы.

Ключевые слова: бетон, модификация, цементная система.

Dykin I.V.

ORCID: 0000-0002-7173-0428, postgraduate, National research Moscow state university of civil engineering

POWDER-ACTIVATED CONCRETES - MULTILEVEL-MODIFIED CONCRETE SYSTEMS

Abstract

The paper presents the issues of the structure and some principles of synthesis of dispersion-modified concrete systems allowing to obtain concretes of a new generation with good construction and technical properties and optimized consumption of raw materials. We describe some of the structuring mechanisms, which predetermine the properties of dispersion-optimized concrete systems, as well as the mechanics of obtaining density packing of the dispersed phase.

Keywords: concrete, modification, cement system.

Порошково-активированные бетоны, называемые Reactive Powder Concrete (RPC) – это высокоэффективные строительные композиционные материалы с минимальным содержанием вяжущего вещества и высокими строительно-техническими свойствами.

Синтез порошково-активированных бетонов основывается на подборе оптимального дисперсно-гранулометрического состава, который определяется однородным распределением компонентов на различных структурных уровнях, подборе оптимальных значений пуццоланической активности, а также модуля упругости.

Создание такого уровня плотных упаковок частиц и зёрен обеспечивается их однородным распределением в соответствии с электрокинетическим потенциалом и напряженным состоянием. Например, оптимальное расстояние между частицами заполняющей фракции первого уровня по напряженному состоянию составляет $2D$ (D – размер частицы), а их объемная доля – 0,2 [1]. При означенных параметрах дисперсные частицы располагаются на значительном расстоянии друг от друга, поля энергии их деформации не накладываются и не вносят соответствующий вклад в напряженное состояние материала. Установлено также, что 95% энергии деформации, связанной с частицей и окружающей ее матрицей, находится в пределах сферического объема радиусом D от центра частицы [9]. Таким образом, частицы могут рассматриваться как изолированные друг от друга только в том случае, если расстояние между ними больше $2D$ или объемная доля меньше 0,2, что коррелируется с результатами исследований многокомпонентных цементных систем (МЦС) с минеральными модификаторами (ММ) [2,3]. Кроме того, в реальных композитных системах имеется вероятность того, что две или большее количество дисперсных частиц могут объединиться, и будут представлять собой отдельный агрегат. Вероятность соприкосновения двух и трех частиц при содержании ММ в МЦС в количестве 50% соответственно составляет 0,5 и 0,02 [6]. В таких микрообъемах цементных систем пуццолановая реакция практически не протекает, и они представляют собой псевдопоры размером 5-7 мкм (случай трех частиц) и 0,5-1,5 мкм (случай двух частиц). Означенные дефекты структуры вносят значимый вклад в снижение морозостойкости, деформативных и прочностных характеристик цементного камня и распределяются так же, как пары и тройки дисперсных частиц, а параметрами распределений являются их содержание и размер [7].

Таким образом, объемная доля и дисперсный размер частиц каждой последующей фракции материала должны соответствовать размеру межчастичных пустот и их объему в предыдущей [8]. Объем оставшихся пустот в синтезированной таким образом системе будет минимальным. При недостаточном содержании частиц любого уровня для заполнения соответствующих пустот в предыдущем будет формироваться неоднородная более неупорядоченная с высокой энтропией структура цементного камня с относительно «низкой» прочностью, а при повышенном – будет наблюдаться агрегация частиц и, например, для минеральных добавок образование псевдопор, кроме того частицы предыдущего уровня в таких микрообъемах будут раздвинуты на определённые расстояния, повысится их пористость, уменьшится концентрация твёрдой фазы и, в результате, также произойдёт снижение прочности материала.

Влияние на подбор компонентов для синтеза RPC-композитов, обеспечивающих однородное распределение частиц на различных структурных уровнях по дисперсности с целью формирования более упорядоченной микроструктуры, оказывает обеспечение процесса их гидратации, а также протекание пуццолановой реакции между частицами соседних уровней.

Кроме того, для обеспечения высоких строительно-технических свойств RPC-композитов модули упругости компонентов должны быть высокими и наиболее целесообразно близкими по значению.

Оценивая влияние модуля упругости на синтез прочности композитных материалов с дисперсными частицами отмечают, что он наиболее широко изучен и обсужден [1]. В общем случае дисперсная фаза либо уменьшает, либо увеличивает модуль упругости матричной фазы в зависимости от того, будет ли модуль дисперсных частиц, соответственно, меньше или больше модуля упругости матрицы. В работах Д.Пауля, З.Хашина, С.Штрикмана и др. с

использованием теорем об энергии деформации получены уравнения для определения модуля композита в зависимости от модулей упругости матрицы, дисперсной фазы и объемного содержания последней. Однако трещины, которые могут развиваться в процессе охлаждения композита ниже температуры его изготовления, поры, образующиеся в процессе изготовления, а также псевдопоры, образующиеся под напряжением вследствие слабой связи по поверхностям раздела фаз, приводят к значительно более низким модулям упругости относительно, рассчитанных теоретически. Очевидно, что модуль упругости цементного камня с ММ определяется модулем упругости гидратных фаз, а также модулями упругости реликтов частиц клинкерного компонента и ММ. Модуль упругости реликтов частиц клинкера оценивается значениями в несколько раз превышающими аналогичные значения для гидратных фаз. Вследствие этого наиболее эффективным ММ цементных систем является тонкодисперсный доменный гранулированный шлак, частицы которого, как и портландцемента, характеризуется высокими прочностью и модулем упругости, и способностью к самостоятельному гидравлическому твердению. Гидратация минералов шлака значительно повышает плотность и прочность цементного камня, особенно в контактной зоне с портландцементными гидратными фазами, а его реликты, являясь более крупными, как и реликты частиц клинкера, вносят значимый вклад в интегральный модуль упругости и прочность синтезируемой многокомпонентной системы.

Увеличение прочностных показателей RPC-композитов помимо повышения плотности исходной упаковки частиц обеспечивается также ограничением степени гидратации минералов клинкера с сохранением максимального объема негидратированной части – реликтов частиц с прочностью 310 МПа (средняя прочность гидратных фаз – 135 МПа).

Таким образом, синтез многокомпонентной цементной системы целесообразно осуществлять с использованием следующих принципиальных положений.

Мелкий заполнитель для RPC-композитов принимается в виде пяти фракций, в диапазоне 0,08 – 1,6 мм, обеспечивающих значимое снижение его межзерновой пустотности.

Объем многокомпонентной вяжущей составляющей определяется по методу абсолютных объемов, а дисперсные структурные уровни могут быть синтезированы следующим образом. Первый уровень в виде портландцемента с целью обеспечения длительного сохранения прочных с высоким модулем упругости реликтов частиц клинкера в цементном камне. Для заполнения первого уровня межчастичных пустот портландцемента промышленного помола применяется тонкодисперсный доменный гранулированный шлак в количестве 22% массы [4], для второго уровня – высокодисперсный портландцемент – 9%, в т. ч. допускается гидромеханохимически активированный [6], а для третьего – микрокремнезем -1% - с удельной дисперсностью 18000-21000 м²/кг. При таком выборе компонентов RPC обеспечивается высокая концентрация твердой фазы в единице объема многокомпонентного вяжущего вещества, однородное протекание пуццолановой реакции в микрообъемах матрицы, а также высокий уровень размера реликтов относительно грубодисперсной фракции клинкерного компонента.

Однако следует отметить, что высокая водопотребность синтезированного таким способом RPC требует обязательного применения суперпластифицирующих-суперводоредуцирующих добавок, например, наиболее эффективных поликарбоксилатного типа [5].

Экспериментальные исследования прочности бетона проводили с использованием в качестве мелкого заполнителя полифракционного песка, портландцемента марки ПЦ500-Д0 Шуровского завода, в т.ч. тонкодисперсный цемент Rheosem 900, тонкодисперсного шлака Липецкого металлургического комбината, микрокремнезема.

Дисперсно-гранулометрический состав сырьевых компонентов указан в табл. 1. Измерения проводились согласно ISO 13320-1:2009 «Анализ размера частиц. Методы лазерной дифракции» на лазерном микроанализаторе размеров частиц «Analysette 22»

Таблица 1 – Дисперсно-гранулометрический состав сырьевых компонентов

Образец	Средний размер частиц (d ₅₀), мкм	Максимальный размер частиц (d ₉₅), мкм	Содержание частиц менее 2 мкм, % по массе	Удельная поверхность
Цемент (Шурово)	15,780	43,178	9,81	3200
Шлак	17,120	73,857	13,14	4300
Rheosem900	2,811	14,641	25,3	8200

Содержание многокомпонентного цемента, синтезированного из означенных составляющих в оптимальных количествах, принималось равным 600, 700 и 800 кг/м³ бетона. В качестве суперпластификатора в бетонной смеси использовался Glenium ACE 430 -2%, а также Melflux 1641F. Прочность бетона после твердения в нормальных условиях в возрасте 1 сутки составила при означенных выше расходах цемента соответственно 37,2; 42,4; 58,8 МПа, в возрасте 7 сут 60,4, 66,3, 71,8 МПа, а в 28 суток – 105; 119; 132 МПа. Результаты микроструктурного анализа полученных образцов приведена в рис.1. Исследования проводились на сканирующем микроскопе Quanta 200 с приставкой для элементного анализа Apollo 40.

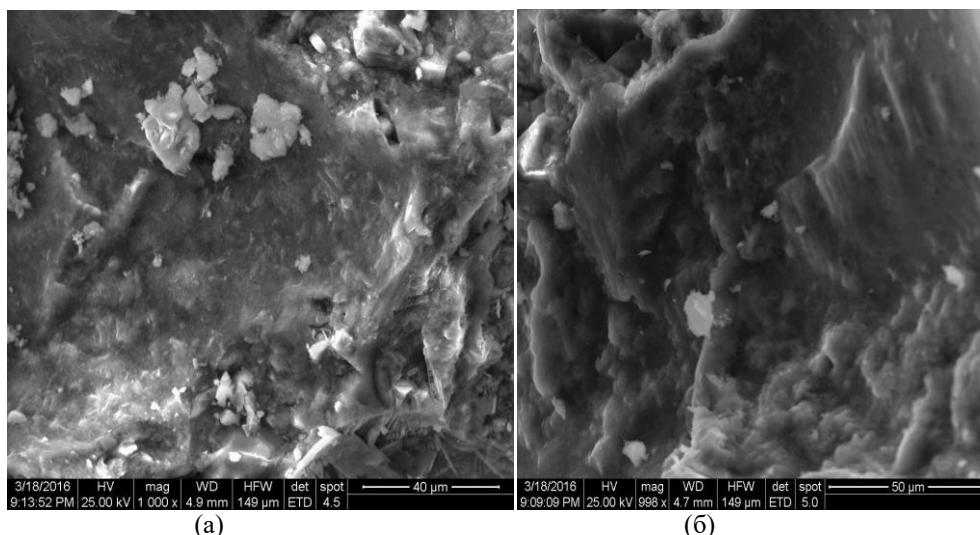


Рис. 1 – (а) Снимок на электронном микроскопе образца цементного бетона, (б) Снимки на электронном микроскопе образца порошково-активированного бетона

Необходимо отметить, что структура порошково-активированного бетона (рис.16) характеризуется высоким содержанием низкоосновных плотных волокнистых дендритоподобных гидросиликатов кальция, повышающих прочность не только на сжатие, но и на растяжение. Элементным анализом установлено, что содержание свободного гидросиликата кальция уменьшилось на 37%, очевидно вступившего в взаимодействие с диоксидом кремния с образованием вторичных прочных гидросиликатов кальция, содержащих значительно меньшее количество химически-связанной воды.

Полученные результаты указывают на то, что изложенные выше принципы подбора дисперсно-гранулометрического состава позволяют получать высокоэффективные порошково-активированные бетоны с минимальным содержанием вяжущего вещества и высокими строительно-техническими свойствами.

Список литературы / References

1. Ленг Ф.Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами в хрупкой матрице / Композиционные материалы. Разрушение и усталость; ред. Л.Браутман; ред. перевода Г.П.Черепанов. – М.: Мир, 1978. – С. 11-57.
2. Величко Е.Г., Белякова Ж.С. Физико-химические и методологические основы получения многокомпонентных систем оптимизированного состава / Строит. материалы. – 1995. – № 3. – С. 27-30.
3. Белякова Ж.С., Величко Е.Г., Комар А.Г. Экологические, материаловедческие и технологические аспекты применения зол ТЭС в бетоне / Строительные материалы. – 2001. – №3. – С. 46-48.
4. Цховребов Э.С., Величко Е.Г. Вопросы охраны окружающей среды и здоровья человека в процессе обращения строительных материалов / Строительные материалы. – 2014. – № 5. – С. 99-103.
5. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов. Учебное пособие / М., 2014. – 496с.
6. Величко Е.Г., Дыкин И.В. Многоуровневая дисперсно-гранулометрическая модификация цементных систем / Бетон и железобетон – взгляд в будущее. Том 4. Редакторы Е.Д. Нефёдова, И.Н. Фоманова, В.К. Чупрова, М.: МИСИ-МГСУ, 2014. С. 272-279.
7. Энтин З.Б., Юдович Б.Э. Многокомпонентные цементы. - Научн. тр. / НИИцемент.– вып 107.– 1994. – С. 3-76.
8. Дыкин И.В. Основные принципы оптимизации дисперсно-гранулометрического состава порошково-активированных бетонов нового поколения / Строительство – формирование среды жизнедеятельности. – 2015. – С.834-837.
9. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. / М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2009, 309 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Leng F.F. Razrushenie kompozitov s dispersnyimi chasticami v hrupkoy matrice [Fracture of composites with dispersed particles in a brittle matrix] / Composicionnnye materialji. Razrushenie i ustalost; Ed. L. Brautman. Translation ed. G. P. Cherepanov. – М.: Mir, 1978. – P. 11-57. [in Russian]
2. Velichko E.G., Belyakova J.S. Fisiko-himicheskie i metodologicheskie osnovji poluchenija mnogokomponentnyh sistem optimizirovannogo sostava [Physico-chemical methodological basis for the production of multi component systems of the optimized structure] / Stroitelnye materialy. – 1995. – № 3.– P. 27-30. [in Russian]
3. Belyakova J.S., Velichko E.G., Komar A.G. Ekologicheskie, materialovedcheskie i tehnologicheskie aspektji primeneniya zol TES v betone [Environmental, material science and technological aspects of the use of ash TPP in concrete structure] / Stroitelnye materialy. – 2001. – №3. – P. 46-48. [in Russian]
4. Chovrebov E.S., Velichko E.G. Voprosji ohranji okruzhajushey sredji i zdorovja cheloveka v processe obrasheniya stroitelnyh materialov [The issues of environmental protection and human health in the process of handling construction materials] / Stroitelnye materialy. – 2014. – №5. – P. 99-103. [in Russian]
5. Velichko E.G. Stroenie i osnovnjie svoystva stroitelnyh materialov. Uchebnoe posobie. [The structure and basic properties of construction materials. Tutorial]. – М., 2014. – 496p. [in Russian]
6. Velichko E.G., Dykin I.V. Mnogourovnevaja dispersno-granulometricheskaja modifikacija cementnyh sistem [Multilevel optimization of dispersed composition of cement systems] / Beton i zhelezobeton – vzgljad v budushee. Tom 4. Editors E.D. Nefedova, I.N. Fomanova, V.K. Chupronova, M.: MISI-MGSU. – 2014. – P. 272-279. [in Russian]

7. Antin Z.B., Judovich B.A. Mnogokomponentnnye cementy. – Nauchnye trudy [Mult-component cements. – Scientific work] / NIICement, rel. 107., – 1994. – P.3-76. [in Russian]

8. Dykin I.V. Osnovnye principy optimizatsii dispersno-granulometricheskogo sostava poroshkovo-aktivirovannykh betonov novogo pokoleniya [Basic principles of optimization of dispersion-particle size composition of powder-activated concretes of a new generation] / Stroitelstvo – formirovanie sredni zhisnedejatelnosti. – 2015. – P.834-837. [in Russian]

9. Melichov I.V. Fisiko-himicheskaya evoljucija tverdogo veshestva [Physico-chemical evolution of solids] / M.: Binom. Laboratoriya znaniy. – 2009. – 309 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.146>

Закиров В.И.¹, Ковалева А.А.¹, Третьяков А.С.¹, Турбов А.Ю.¹, Пономарев Д.Ю.⁵

¹Аспирант, ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет,

²Кандидат технических наук,

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева»,

ПРИМЕНЕНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕНЗОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ QOS В SDN

Аннотация

Концепция программно-конфигурируемых сетей (SDN) была представлена еще в 2006 году, но до недавнего времени столь пристального внимания ей не уделялось. Когда стало ясно, что при существующих темпах роста интернет индустрии, в скором времени будет трудно обеспечивать потребности пользователей, технология SDN начала активно развиваться. Важным вопросом в данной области является обеспечение качества обслуживания (QoS), так как именно такие параметры QoS, как загрузка каналов, время потерь и т.д. в конечном счете, оказывают влияние на конечных пользователей. В данной статье рассматривается вопрос применения ортогональных моделей тензорного анализа для исследования сетей SDN. В ходе исследования рассчитываются загрузки каждой ветви исследуемой сети при помощи ортогонального метода тензорного анализа. После полученных результатов, сделаны выводы о применимости используемого математического аппарата в качестве основного инструмента исследования таких сетей, а также выводы об особенностях распределения трафика в исследуемой сети SDN.

Ключевые слова: программно-конфигурируемые сети, тензорный анализ, ортогональный метод, качество обслуживания, загрузка сети.

Zakirov V.I.¹, Kovaleva A.A.¹, Tretyakov A.S.¹, Turbov A.U.¹, Ponomarev D.U.²

¹Postgraduate student, Siberian Federal University,

²PhD in Engineering, Siberian State Aerospace University

APPLICATION OF ORTHOGONAL MODELS OF TENSOR ANALYSIS FOR QOS RESEARCH IN SDN

Abstract

The concept of software-defined networks (SDN) was introduced in 2006, but until now, not much attention was paid to it. When it became clear that it would be difficult in the near future to ensure the needs of users at the current development of the Internet industry, the SDN technology began its rapid development. An important issue in this field is to ensure the quality of service (QoS), such as QoS parameters like channel loading, time loss, etc. which eventually affect the end users. This paper considers the use of orthogonal tensor analysis models for the study of SDN networks. In the study the authors calculated the load of each branch of the network using orthogonal method of tensor analysis. The obtained results lead to a conclusion about the applicability of the mathematical apparatus as a basic research tool for such networks, as well as conclusions about the peculiarities of the traffic distribution in the study of SDN network.

Keywords: software-configurable networks, tensor analysis, orthogonal method, quality of service, network load.

Архитектура современных компьютерных сетей, закладывалась в 60-х годах прошлого века. За это время, в области инфокоммуникаций были сделаны большие шаги, связанные, прежде всего не только с различными техническими новшествами, например, с разработкой новых типов оборудования, но и прежде всего с новшествами, которые затрагивают одни из основных уровней модели OSI: канальный, сетевой и транспортный. Связано это, прежде всего с постоянно растущими потребностями пользователей всемирной глобальной сети. Если еще около 4-5 лет назад, качеству обслуживания в инфокоммуникационных сетях не уделялось должное внимание, то на данном этапе развития, вопрос обеспечения качества обслуживания ставиться «во главу угла». Объемы передаваемого трафика растут в геометрической прогрессии и существующие сети в большинстве случаев не способны адекватно и эффективно реагировать на этот рост. До последнего момента, единственным эффективным решением проблемы, было наращивание сетевых мощностей, путем установки дополнительного оборудования и т.д.

В далеком 2006 году была представлена концепция программно-конфигурируемых сетей (SDN). Совершенно новый подход к проектированию и построению инфокоммуникационных сетей показал, что возможна перестройка сетей не только на физическом, но и на программном уровне. Несмотря на то, что концепция программно-конфигурируемых сетей существует уже около 10 лет, основная работа по её воплощению в реальность, была сделана за последние 3-4 года. На данный момент уже существуют сети передачи данных на основе концепции SDN. Например, это сеть ЦОДов Facebook, или сеть передачи данных компании Microsoft. Для применения данного рода сетей повсеместно, необходимо решение следующих вопросов:

- возможность перестроения существующих сетей без полной замены оборудования, иными словами, функционирование сетей на основе протокола OpenFlow (основной протокол передачи данных в SDN);

- обеспечение качества обслуживания в таких сетях (поддержание параметров пропускной способности и задержек на должном уровне).

Если говорить о первой проблеме, то ведется активная работа по её решению среди ученых и исследователей, но вторая проблема оказалась «забытой» на некоторое время и только сейчас, когда дело дошло до серьезного практического внедрения сетей SDN, начали появляться работы связанные с обеспечением QoS в SDN.

Обращаясь к статье [1], стоит отметить, что на данный момент действительно эффективных и функционирующих методов QoS не разработано. Под эффективностью в данном случае следует понимать надежность и скорость доставки информации. В связи с этим, исследования и разработки в данной области являются актуальными и даже правильнее сказать «необходимыми».

В работах [2] и [3] рассмотрена возможность исследования сетей SDN с использованием математического аппарата тензорного анализа, в частности контурный и узловой метод. Данные методы достаточно гибки и легки для программной реализации, что очень важно. Также немаловажным фактором является, что благодаря этим методам, можно с лёгкостью получать математические и имитационные модели сетей связи, в том числе и SDN. Эти модели позволяют достаточно просто провести количественную оценку показателей эффективности QoS, например, оценить загрузку канала, время задержки и интенсивность передачи данных. В данной работе предлагается использовать ортогональный метод анализа для формирования математической модели сети SDN.

В качестве исходных данных взята топология сети, представленная на рисунке 1.

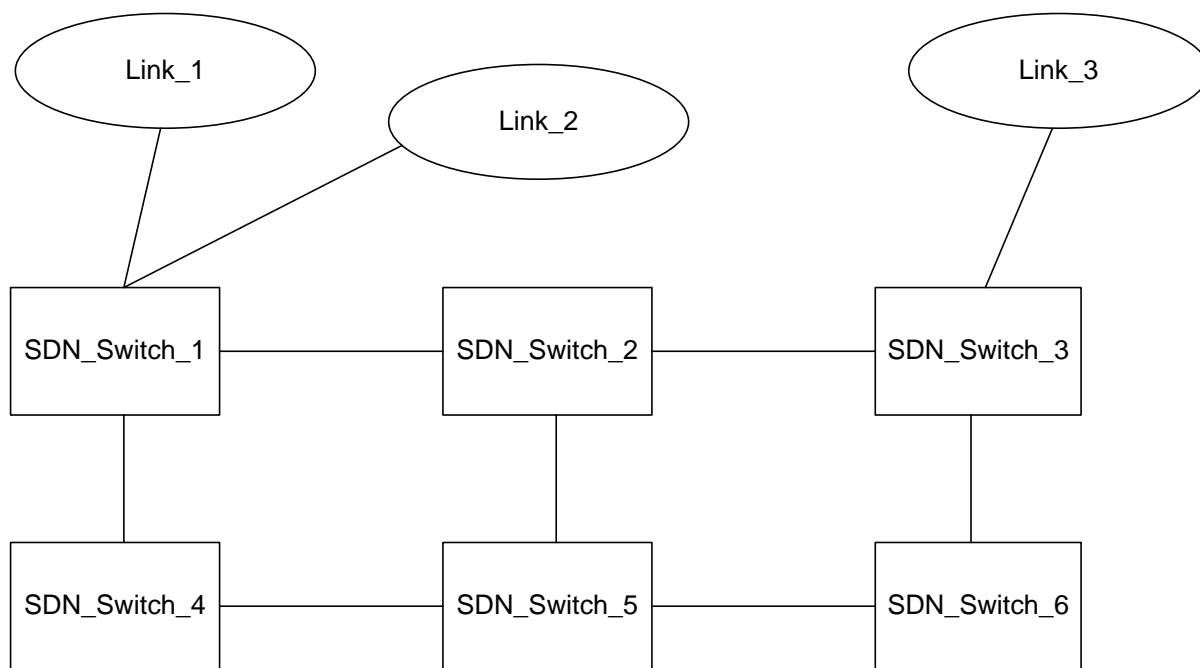


Рис. 1 – Топология исследуемой сети

Основными узлами выбранной сети выступают коммутаторы SDN, которые в качестве механизма обработки пакетов используют конвейер, т.е. применяют к пакету ряд правил, для выявления подходящего и соответственно выполнения дальнейших действий с пакетом данных.

В роли источников передачи/получения трафика выступают группы пользователей, обозначенные как Link_1, Link_2, Link_3.

Основной задачей является определение возможности применения ортогонального метода тензорного анализа к исследованию сетей SDN. Особенно нас интересуют каналы от групп пользователей Link_1 и Link_2 к коммутатору SDN_Switch_1, а также канал от Link_3 к SDN_Switch_3. В связи с тем, что они имеют по одному каналу приема/передачи, то соответственно эти каналы должны иметь самые большие значения загрузки. SDN коммутаторы, представлены СМО М/М/1. Это связано с тем, что данная система одноканальная (имеет один обслуживающий прибор) и математические выражения, характеризующие искомые величины, более просты, по сравнению с другими СМО. Данная система не является ограничением, также могут быть использованы другие СМО. Здесь же введем ограничения для значения загрузок, они должны находиться в пределах $[0; 1]$.

Прежде всего, для решения поставленной задачи преобразуем исходную топологию сети в совокупность СМО, как в работах [2] и [3].

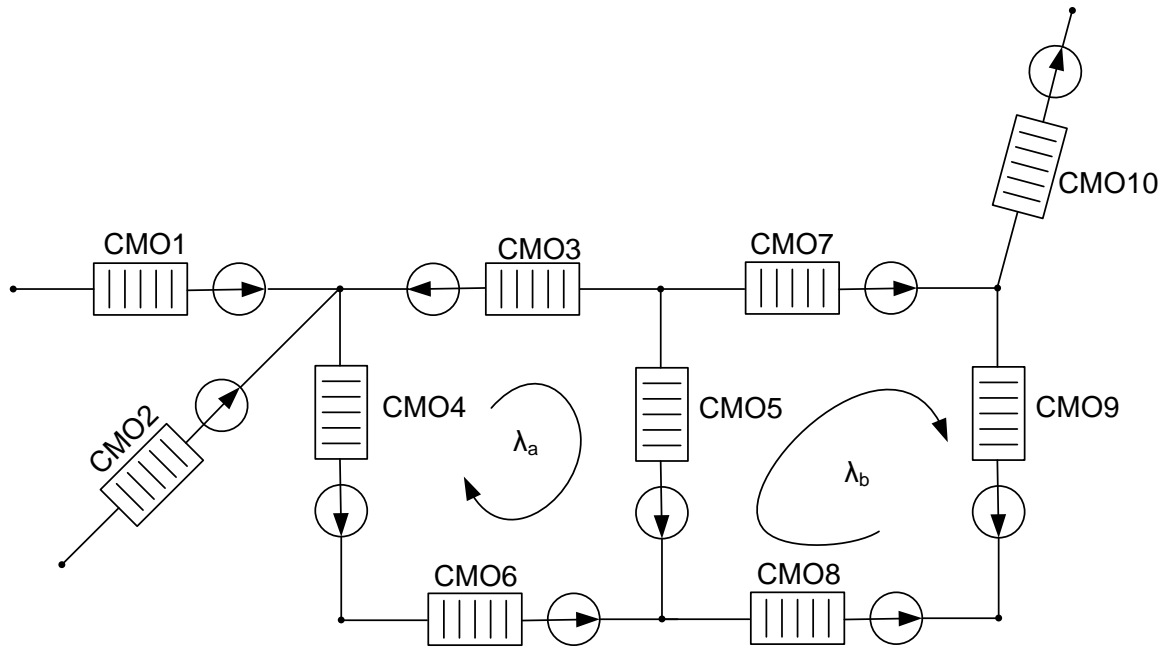


Рис. 2 – Топология исследуемой сети после преобразования (CeMO)

Ортогональные сети, это такие сети, которые могут содержать как замкнутые пути, так и разомкнутые. В данном случае, под понятием путь, понимается контур. Традиционно, анализ таких сетей сводится к приведению сети либо к контурному виду, либо к узловому. Далее, в соответствии с каждым методом, определяется тензор преобразования, или по другому матрица перехода, после этого задаются интенсивности поступления и обслуживания. После этого, используя матричное уравнение, составляется система уравнений, для нахождения нагрузок [4].

В данной работе предлагается использовать подход, позволяющий отойти от преобразования сети к контурному или узловому методам. И как видно из рисунка 2, сеть будет состоять из набора линейно-независимых контуров и разрезов (узловых пар). Учитывая все вышесказанное, в данном случае, существует тензор преобразования, который будет обеспечивать переход от примитивной сети к исследуемой и содержать как узловые, так и контурные интенсивности, в качестве базисных элементов [5].

$$\begin{bmatrix} \lambda_1^{\text{узловая}} \\ \lambda_2^{\text{узловая}} \\ \vdots \\ \lambda_{m-1}^{\text{узловая}} \\ \lambda_1^{\text{контурная}} \\ \lambda_2^{\text{контурная}} \\ \vdots \\ \lambda_{n-m+1}^{\text{узловая}} \end{bmatrix} = X \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1^{\text{узловая_примитивная}} \\ \lambda_2^{\text{узловая_примитивная}} \\ \vdots \\ \lambda_{m-1}^{\text{узловая_примитивная}} \\ \lambda_1^{\text{контурная_примитивная}} \\ \lambda_2^{\text{контурная_примитивная}} \\ \vdots \\ \lambda_{n-m+1}^{\text{контурная_примитивная}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

В свою очередь тензор преобразования – матрица X , может быть представлена как совокупность двух элементов:

$$X = \begin{bmatrix} A \\ C' \end{bmatrix} \quad (2)$$

В данном случае, элемент X связывает узловые интенсивности примитивной и исследуемой сетей, а элемент C' в свою очередь обеспечивает связь между примитивной и исследуемой сетью в отношении контурных интенсивностей.

(Выражение 1), приводим к следующему виду:

$$\lambda^i = X_i^i \cdot \lambda^i \quad (3)$$

В соответствии с анализом по Крону [6], следующее выражение также будет справедливо:

$$\rho_j = X_j^j \cdot \rho_j, \quad (4)$$

где ρ_j - значение нагрузок исследуемой сети;

ρ_j - значение нагрузок примитивной сети.

Получив выражения для интенсивностей поступления и нагрузок, получим выражение для интенсивностей обслуживания [5]:

$$\mu_{ji} = \mu_{ji} \cdot X_j^j \cdot X_i^i, \quad (5)$$

где μ_{ji} - матрица интенсивностей обслуживания исследуемой сети;
 $\mu_{\tilde{j}i}$ - матрица интенсивностей обслуживания примитивной сети.

Далее используя выражения (3-5), определим выражение для определения загрузок исследуемой сети:

$$\rho_j = \frac{\lambda^i}{\mu_{ji}} \quad (6)$$

Значение загрузок в каждой из ветвей можно определить следующим выражением:

$$\rho_{j_ветвей} = X_j^j \cdot \rho_j, \quad (7)$$

Используя выражение (1) и рисунок 2, запишем систему уравнений для анализируемой сети:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Узловые интенсивности} \\ \lambda_1 = \tilde{\lambda}_1 + \tilde{\lambda}_2 + \tilde{\lambda}_3 - \tilde{\lambda}_4 \\ \lambda_2 = -\tilde{\lambda}_3 - \tilde{\lambda}_5 - \tilde{\lambda}_7 \\ \lambda_3 = \tilde{\lambda}_7 - \tilde{\lambda}_9 - \tilde{\lambda}_{10} \\ \lambda_4 = \tilde{\lambda}_{10} \\ \lambda_5 = \tilde{\lambda}_4 - \tilde{\lambda}_6 \\ \lambda_6 = \tilde{\lambda}_5 + \tilde{\lambda}_6 - \tilde{\lambda}_8 \\ \lambda_7 = \tilde{\lambda}_8 + \tilde{\lambda}_9 \\ \lambda_8 = -\tilde{\lambda}_2 \\ \text{-----} \\ \text{Контурные интенсивности} \\ \lambda_a = \tilde{\lambda}_5 \\ \lambda_b = \tilde{\lambda}_7 \end{array} \right. \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \lambda_7 \\ \lambda_8 \\ \lambda_a \\ \lambda_b \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tilde{\lambda}_1 \\ \tilde{\lambda}_2 \\ \tilde{\lambda}_3 \\ \tilde{\lambda}_4 \\ \tilde{\lambda}_5 \\ \tilde{\lambda}_6 \\ \tilde{\lambda}_7 \\ \tilde{\lambda}_8 \\ \tilde{\lambda}_9 \\ \tilde{\lambda}_{10} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Далее зададим матрицу интенсивностей обслуживания примитивной сети:

$$\begin{bmatrix} \mu_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu_{44} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{55} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{66} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{77} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{88} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{99} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_{1010} \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 13 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17 \end{bmatrix} \quad (9)$$

В качестве значений интенсивностей обслуживания выбраны случайные числа, но с обязательным выполнением условия: $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$

Используя формулу (5) и полученную матрицу интенсивностей обслуживания, получим:

$$\mu_{ji} = \begin{bmatrix} 14 & 14 & 14 & -14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 0 & -5 & 0 & -5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 9 & 0 & -9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 7 & 0 \\ 0 & -13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

После этого, используя формулу (6), матрицу интенсивностей обслуживания (выражение 10) и заданный вектор интенсивностей поступления примитивной сети, получим:

$$\rho_j = \begin{bmatrix} 14 & 14 & 14 & -14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 0 & -5 & 0 & -5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6 & -6 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 9 & 0 & -9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7 & 7 & 0 \\ 0 & -13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 17 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 11 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \\ 5 \\ 3 \\ 7 \\ 2 \\ 6 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 4,208 \\ -0,538 \\ -1,179 \\ 1,705 \\ 0,25 \\ 1,205 \\ 0,529 \\ 0,899 \\ -0,471 \\ 0,5 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Последний шаг, это нахождение искомых нагрузок исследуемой сети. Для этого используем формулу (7) и вектор интенсивностей поступления (выражение 11):

$$\rho_{j_{\text{ветвей}}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 4,208 \\ -0,538 \\ -1,179 \\ 1,705 \\ 0,25 \\ 1,205 \\ 0,529 \\ 0,899 \\ -0,471 \\ 0,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,786 \\ 0,4 \\ 0,5 \\ 0,5 \\ 0,5 \\ 0,556 \\ 0,428 \\ 0,538 \\ 0,25 \\ 0,529 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Соответственно полученный вектор и есть искомые загрузки исследуемой сети, которые необходимо было найти.

Как видно из полученных результатов, значения загрузок соответствуют ранее введенному ограничению, что говорит о справедливости произведенных расчетов.

В соответствии с рисунком 1, группы пользователей Link_1, Link_2 и Link_3 соединены с коммутаторами лишь одной ветвью, а значит нагрузка этих ветвей, как уже говорилось ранее, должна быть самой максимальной среди всех остальных, так как трафику некуда больше перераспределяться. Рассматривая полученный результат, мы видим, что нагрузка канала от группы пользователей Link_1 действительно самая максимальная, а это значит, что пользователи данной группы генерируют больше трафика, чем все остальные группы. Что же касается, групп пользователей Link_2 и Link_3, то здесь нагрузка не самая максимальная по сравнению другими каналами. Это обусловлено прежде всего тем, что интенсивности поступления и обслуживания выбраны случайным образом.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, о том, что полученная ортогональная модель, позволяет оценить нагрузку каналов связи и интенсивность прохождения трафика по ним, что дает возможность перейти к обеспечению качества обслуживания в сетях SDN и тем самым разрабатывать стратегии планирования трафика.

Здесь также стоит заметить, что данная модель топологии сети носит достаточно абстрактный характер и при применении данного метода к реальной сети, топология примитивной сети и результаты могут значительно отличаться, но порядок и принцип действий неизменен.

Список литературы / References

1. Турбов А.Ю. Анализ методов обеспечения QoS в SDN / А.Ю. Турбов, Д.Ю. Пономарев // Сборник статей XIX Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники». – Красноярск, 2016. – С. 555-558.
2. Турбов А.Ю. Исследование распределения трафика в сетях SDN методом тензорного анализа / А.Ю. Турбов, Д.Ю. Пономарев // Сборник статей XIX Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники». – Красноярск, 2016. – С. 551-554.
3. Турбов А.Ю. Исследование сетей SDN узловым методом / А.Ю. Турбов, Д.Ю. Пономарев // материалы XIV международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 112-117.
4. Гутковская О.Л. Ортогональный метод анализа сетей VPN / О.Л. Гутковская, Д.Ю. Пономарев // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – №7. – С. 30-37.
5. Крон Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон; под редакцией Л.Т. Кузина и П.Г. Кузнецова. – Москва: Советское радио, 1978. – 719 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Turbov A.U. Analiz metodov obespechenija QoS v SDN [The research of methods of providing QoS in SDN] / A.U. Turbov, D.U. Ponomarev // Sbornik statej XIX Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Sovremennye problemy radioelektroniki» [Digest of articles of XIX All-Russian scientific and technical conference «Actual problems of radioelectronics»]. – Krasnojarsk, 2016. – P. 555-558. [in Russian]
2. Turbov A.U. Issledovanie raspredelenija trafika v setjah SDN metodom tenzornogo analiza [The research of distribution traffic in SDN through tensor analysis method / A.U. Turbov, D.U. Ponomarev] // Sbornik statej XIX Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii «Sovremennye problemy radioelektroniki» [Digest of articles of XIX All-Russian scientific and technical conference «Actual problems of radioelectronics»]. – Krasnojarsk, 2016. – P. 551-554. [in Russian]

3. Turbov A.U. Issledovanie setej SDN uzlovym metodom [Investigation of SDN nodal networks] / A.U. Turbov, D.U. Ponomarev // Materialy XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v sovremennom mire» [Materials of XIV international scientific conference «Basic and applied researches in present-day world»]. – S. Petersburg, 2016. – P. 112-117. [in Russian]
4. Gutkovskaya O.L. Ortogonal'nyj metod analiza setej VPN [Orthogonal method for VPN network analysis] / O.L. Gutkovskaya, D.U. Ponomarev // Sovremennye naukoemkie tehnologii. [Top technologies]. – 2016. – №7. – P. 30-37. [in Russian]
5. Kron G. Tenzornyj analiz setej [Tensor analysis of networks] / G. Kron; edit by L.T. Kuzina и P.G. Kuznecova. – Moscow: Sovetskoe radio, 1978. – 719 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.001>Каракеев Р.Ш.¹, Мустафаев Р.Ф.² Алимов Р.М.³¹ORCID: 0000-0002-2083-4980, студент, ²ORCID: 0000-0002-2817-3179, студент,³ORCID: 0000-0002-1376-0063, студент,

Самарский государственный технический университет

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА В КОЛЛЕКТОРАХ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ**Аннотация**

В данной статье рассмотрены результаты применения метода гидравлического разрыва пласта (ГРП) на залежах вязкой и высоковязкой нефти. Методы увеличения нефтеотдачи пластов с повышенной вязкостью нефти могут существенно отличаться от методов увеличения нефтеотдачи пластов с высоковязкой нефтью, но в некоторых случаях они могут быть применимы как к одним, так и к другим пластам. Проведен анализ технологических показателей разработки после вскрытия продуктивных пластов с повышенной и высокой вязкостью нефтью. Полученные качественные закономерности позволяют выбирать скважины для проведения ГРП.

Анализ результатов гидроразрыва дает возможность уменьшить или сохранить уровень обводненности продукции и обеспечить увеличение нефтеотдачи продуктивных пластов.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта (ГРП), высоковязкая нефть, обводненность продукции, увеличение нефтеотдачи, продуктивный пласт, отбор жидкости.

Karakaev R.Sh.¹, Mustafaev R.F.² Alimov R.F.³¹ORCID: 0000-0002-2083-4980, student, ²ORCID: 0000-0002-2817-3179, student,³ORCID: 0000-0002-1376-0063, student

Samara State Technical University in Samara

ANALYSIS OF RESULTS OF FRACTURING MANIFOLD WITH HIGH-VISCOSITY OIL**Abstract**

In the article, the results of the reservoir hydraulic fracturing application on viscous and highly viscous oil deposits were described. Enhanced viscous oil recovery methods may notably differ from enhanced highly viscous oil recovery methods, but in some cases they may be applicable to both. The technological parameters analysis was conducted after the viscous and highly viscous oil productive formations drilling. The obtained qualitative graphs allow choosing wells to which hydraulic fracturing can be applied. Fracture results analysis gives an opportunity to reduce or maintain the production water flood level and increase the productive reservoirs recovery.

Keywords: hydraulic fracturing, heavy oil, water cutting, increase oil recovery, reservoirs recovery, fluid selection.

ГРП – это физико-гидродинамический процесс, при котором горная порода разрывается по плоскостям минимальной прочности за счет воздействия на пласт давлением, создаваемым закачкой в скважину специальной жидкости разрыва. [1, С. 7].

Для обеспечения равномерной выработки запасов нефти из прослоев с резко отличающимися емкостно-фильтрационными свойствами используют селективный (струйный) метод ГРП, заключающийся в объединении технологий предварительной гидроперфорации и последующем инициировании трещины ГРП путем наращивания темпа закачки жидкости с проппантом. Подобная технология «струйного» ГРП с использованием обратных эмульсий реализуется на месторождениях ПО «Татнефть» [2, С. 12].

Высоковязкая нефть – широко представленный в Татарстане тип нефти. Доминирует в отложениях среднего и нижнего отделов каменноугольной системы, где вязкость от 30 до 200 мПа·с, плотность 890 - 920 кг/м³ в пластовых условиях [3, С. 22]. (Рис. 1)

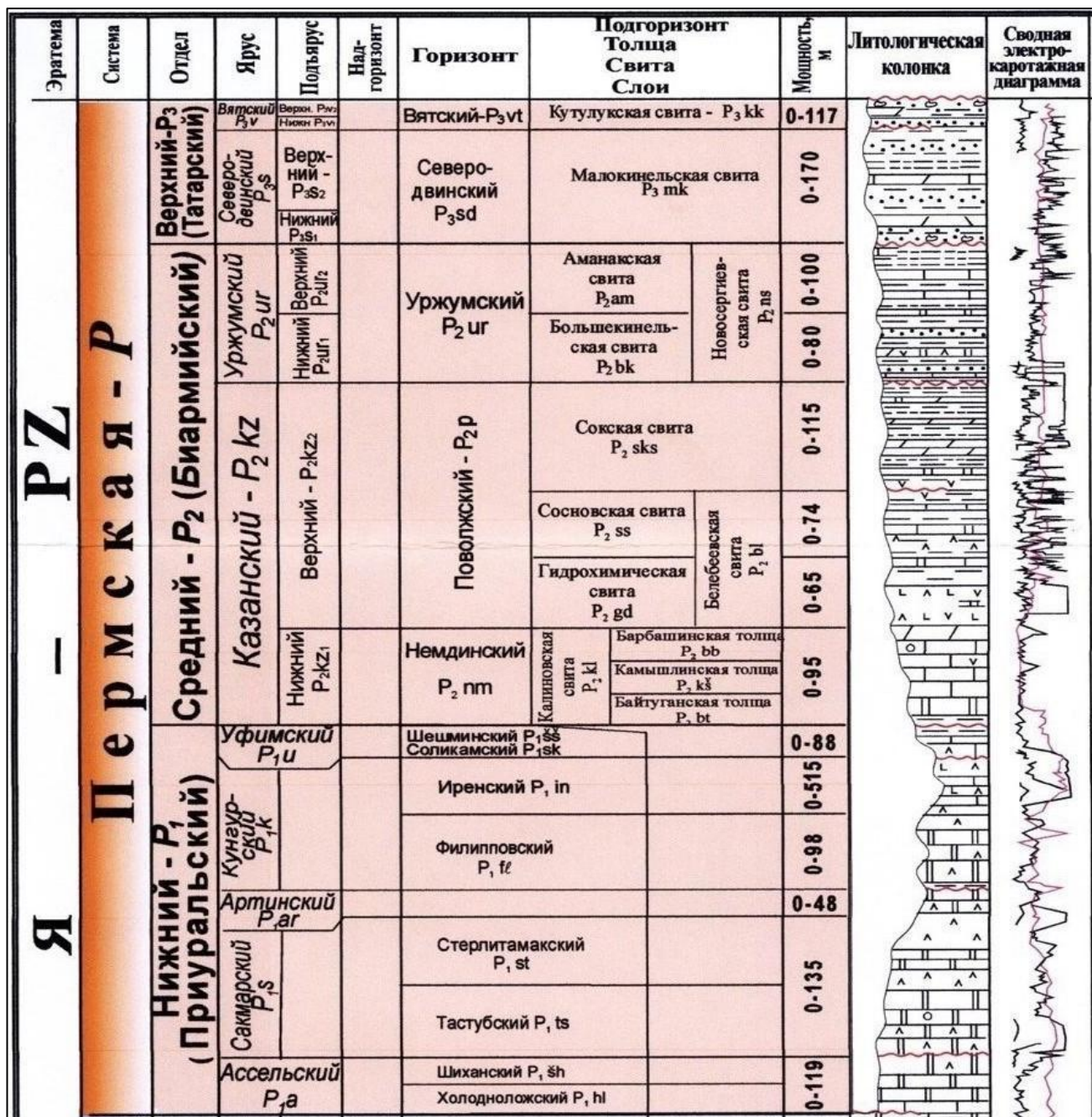


Рис. 1 - Сводный геологический разрез по каменноугольной системе

На дату анализа на объектах с высоковязкой нефтью выполнено всего 13 мероприятий по ГРП, из которых 5 в НГДУ «Елховнефть», 5 - в НГДУ «Нурлатнефть», 3 - в НГДУ «Прикамнефть».

Как показано на рисунке 2, два мероприятия из 13 выполнены в отношении объектов верейского горизонта, 4 – тульского; 3 – бобриковского; 1 – тульско-бобриковских отложений и 2 – турнейских отложений.

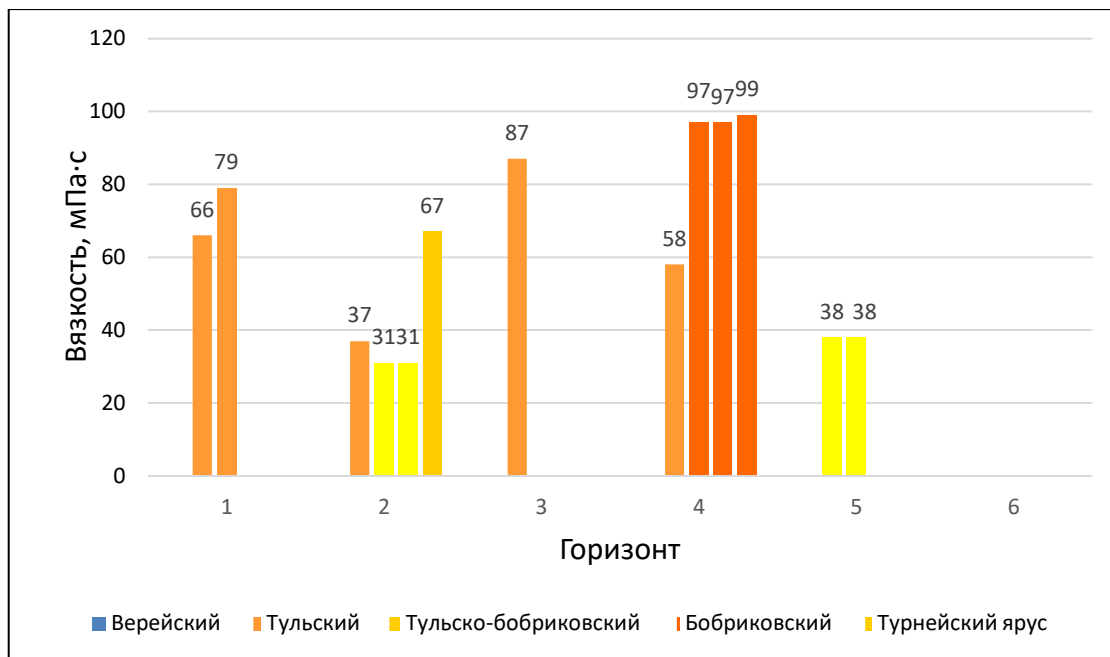


Рис. 2 – Распределение вязкости относительно горизонтов

Из рис. 2 видно, что две скважины, в которых проводилось мероприятия по ГРП относятся к верейскому горизонту, где вязкость составляет 66 и 79 мПа·с; 4 скважины принадлежат к тульскому горизонту, вязкость в котором 31, 37, и 67 мПа·с; к тульско-бобриковскому горизонту с вязкостью 82 мПа·с относится одна скважина; 4 скважины относятся к бобриковскому горизонту с вязкостью 58, 97 и 99 мПа·с и 2 скважины относятся к турнейскому горизонту с вязкостью 38 мПа·с.

Таким образом, высоковязкая нефть проявляется в горизонтах, которые относятся к отложениям среднего и нижнего отделов каменноугольной системы. Данный анализ подтверждает выше сказанное.

Подробная информация из базы данных «КИС Армитс» о физико-химических, геохимических свойствах высоковязких нефтей на месторождениях где проводился ГРП, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства высоковязких нефтей

№ скважины	Вязкость, мПа·с	Плотность, г/см³	Содерж. серы, %	Содерж. смолы, %	Содерж. парафина
022480	54,4	0,935	2,7	16,1	1,7
020600	54	0,898	2,6	13,5	3,6
037680	81,9	0,969	3,3	26	3,5
010980	58,3	0,911	3,5	15,3	4,8
039120	97,1	0,923	2,9	18,6	2,4
039090	97,1	0,986	2,6	28,4	1,9
018040	98,6	0,938	3,5	24,3	4,8
040970	79,1	0,920	4,5	13,9	3

В таблице 1 приведена общая характеристика скважина с ГРП из базы данных «КИС Армитс» о физико-химических, геохимических свойствах высоковязких нефтей.

Как видно из таблицы 1, высоковязкие нефти в среднем являются тяжелыми ($0,89 \div 0,98$ г/см³), сернистыми ($1 \div 4\%$), малопарафинистыми ($<5\%$), высокосмолистыми ($>13\%$).

В таблице 2 представлены средние показатели скважин вскрывшие пласты с повышенной вязкостью нефти. Рассмотрим результаты применения ГРП в одной из скважин, вскрывшей пласт с повышенной вязкостью нефти. Примером будет скважина № 6735, вскрывшая пласт с вязкостью нефти 21,6 мПа·с.

Таблица 2 – Средние показатели скважин, вскрывшие пласты с повышенной вязкостью нефти

Кол-во скважин	Qж до и после воздействия, т/сут		Qн до и после воздействия, т/сут		Обводнённость до и после воздействия, %		Вязкость нефти, мПа·с
	до	после	до	после	до	после	
25	4,6	6,3	3	3,9	17	19	24,8

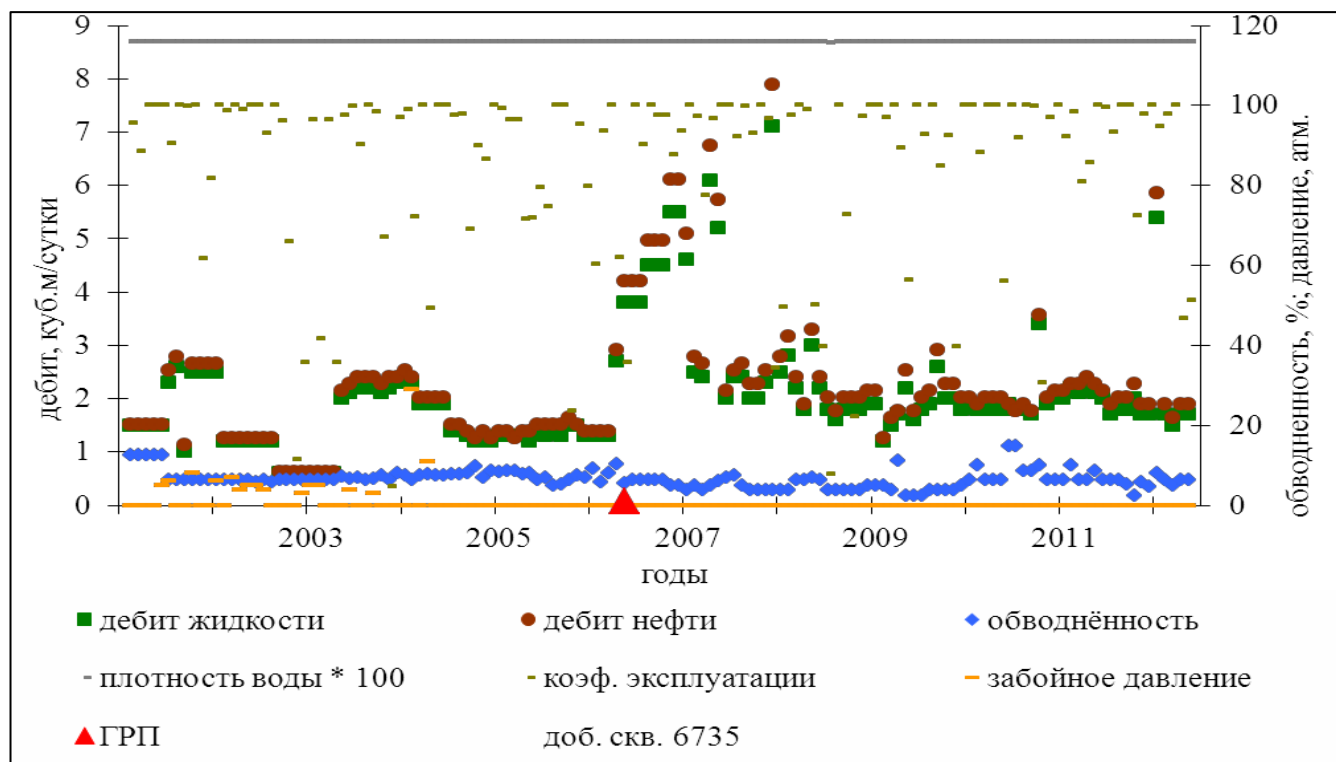


Рис. 3 – Динамика технологических показателей эксплуатации скважины 6735, вскрывшей пласт с повышенной вязкостью нефти

Из рис. 3 видно, что после применения ГРП в одной из скважин, вскрывшей пласт с вязкостью нефти меньше 30 мПа·с, происходит увеличение отбора жидкости и нефти, а обводненность остаётся неизменной. Это характерно для всех мероприятий по гидроразрыву, где пласт содержит вязкую или высоковязкую нефть.

В таблице 3 представлены средние показатели скважин, вскрывшие пласты с высокой вязкостью нефти. Рассмотрим результаты применения ГРП в одной из скважин. Примером будет скважина № 3912, вскрывшая пласт с вязкостью 97,1 мПа·с.

Таблица 3 – Средние показатели скважин, вскрывшие пласты с высокой вязкостью нефти

Кол-во скважин	Qж до и после воздействия, т/сут		Qн до и после воздействия, т/сут		Обводненность до и после воздействия, %		Вязкость нефти, мПа·с
	до	после	до	после	до	после	
13	3,3	3,7	4,3	4,46	27	56	62

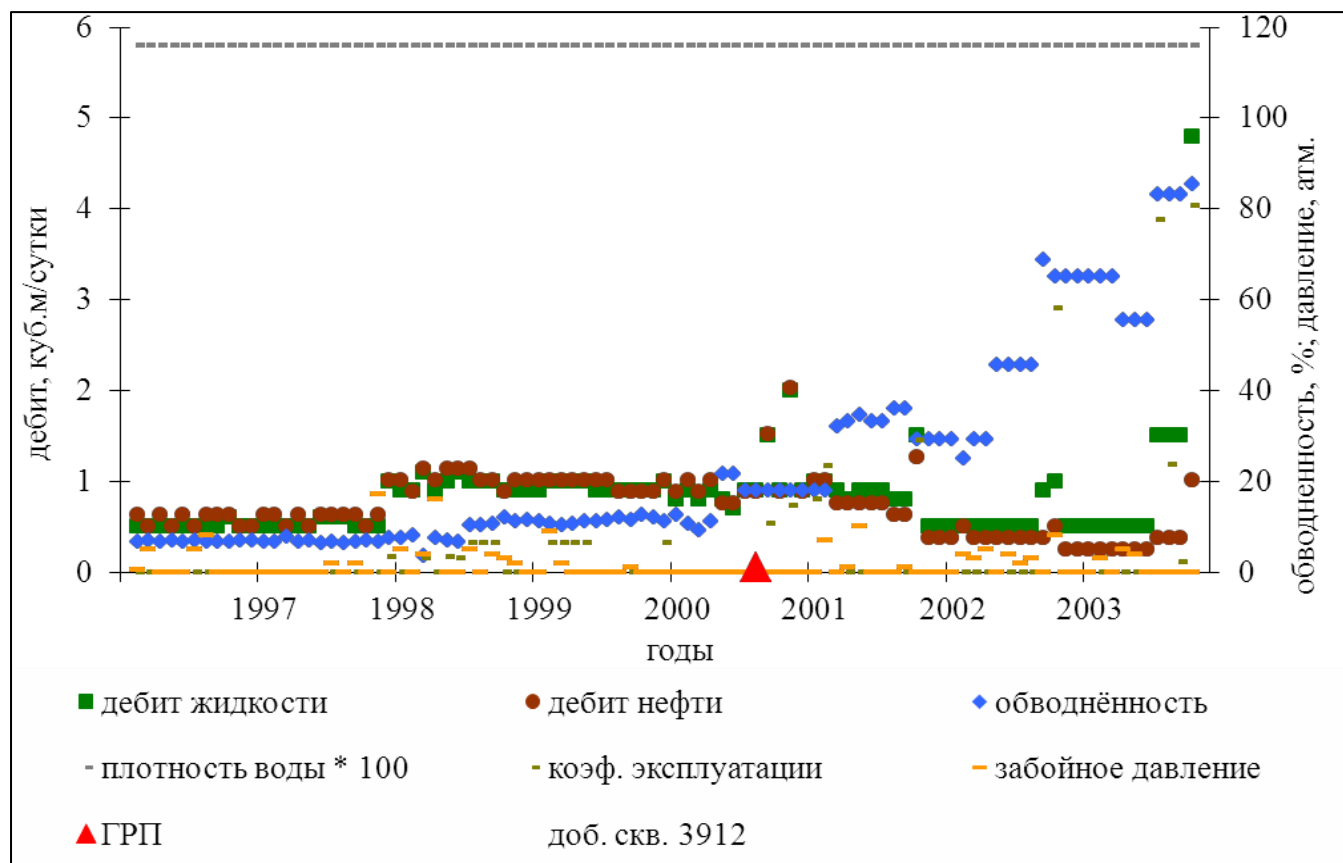


Рис. 4 – Динамика технологических показателей эксплуатации скважины № 3912, вскрывшей пласт с высокой вязкостью. нефти

Как видно из рисунка 4, после проведения гидроразрыва в одной из скважин, вскрывшей пласт с вязкостью нефти больше 30 МПа·с, дебиты нефти и жидкости остаются без изменения, а обводненность увеличивается. Это характерно для всех мероприятий ГРП в скважинах, вскрывших пласты с высокой вязкостью нефти.

Логично, как видно из графика (рис. 4), с увеличением базовой выработки запасов нефти в области дренирования скважин, после ГРП происходит прирост степени обводнённости добываемой продукции.

Следует отметить, что в условиях искусственного водонапорного режима залежи в зоне нагнетания давления принимает наибольшее значение в техногенных трещинах и суперколлекторах, а в зоне отбора пластовое давление наоборот, выше в низкопроницаемой части разреза. В результате проведения ГРП ствол скважины входит в непосредственный контакт с удаленной зоной пласта, где давление выше в высокопроницаемой промытой зоне, что и приводит к прорыву воды.

На практике наиболее апробированы технологии проведения ГРП на высокообводнённых объектах эксплуатации с содержанием воды более 60 % или с узкими разделяющими экранами, включающие предварительное проведение водоограничительных работ с закачкой в призабойную зону пласта цементного или глинистого составов объемом 40-80 м³, а также водоизолирующих оторочек в процессе ГРП. В частности, на объектах с толщиной глинистых изолирующих прослоев менее 4 м в ОАО «Сургутнефтегаз» на протяжении последних лет успешно применяется технология устанавливающего экрана (изоляционного) ГРП, основанная на включении в состав технологической жидкости композиции, заполняющей периферийные зоны создаваемой трещины и предотвращающей поступление воды. Результаты более 70 выполненных работ показали, что успешность экраноустанавливающих ГРП превышает 70 %, а средняя ожидаемая дополнительная добыча нефти составляет 7,5 тыс. т. При проведении ГРП в пластах с близким расположением подошвенных водоносных прослоев в качестве изоляционных материалов можно использовать цементные составы.

Одним из способов предупреждения подключения нежелательных прослоев является заполнение в процессе гидроразрыва нерабочей части трещины композициями, которые со временем приобретают ярко выраженные изолирующие свойства. Основная особенность проектирования таких водоограничительных ГРП заключается в подборе режимов подачи технологических композиций (изолирующего состава и следующего за ним геля, содержащего проппант) таким образом, чтобы обеспечить заполнение проппантом только определенной части трещины, в пределах нефтеносного пласта, а остальную часть экранировать изолирующим составом. Для предупреждения поступления воды из нижележащего прослоя с экраном малой толщины в качестве изолирующего состава использовали тампонажный цементный раствор, который закачивали в трещину в начале ее развития для создания оторочки. Из-за существенного различия плотностей цементного раствора и подаваемого следом геля первый заполнял преимущественно нижнюю часть создаваемой трещины. [1, С. 18].

Вполне естественная корреляция выработки запасов с энергетическим состоянием пласта определяет прирост обводнённой продукции скважины после мероприятия по ГРП с ростом вязкости нефти в области дренирования скважины (Рис.5). Рост вязкости нефти обуславливает больший прирост обводненности при проведении ГРП.

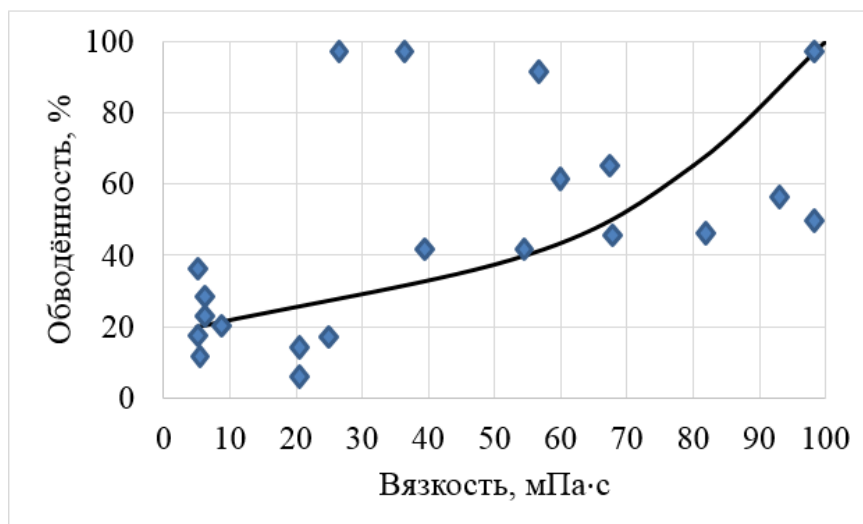


Рис. 5 – Сравнительное изменение обводнённости после ГРП в зависимости от вязкости нефти

Отличительной особенностью мероприятия по ГРП в скважинах, вскрывших пласты с высокой вязкостью нефти, является увеличение обводнённости сразу после проведения мероприятия. В отличие от других скважин, вскрывших пласт с меньшей вязкостью нефти, обводнённость в этих скважинах проявлялась не сразу или же вовсе не изменялась.

С повышением вязкости увеличивается риск возникновения обводнённости добываемой жидкости, потому как увеличивается вероятность прорыва подошвенной воды через образовавшиеся трещины при ГРП.

Таким образом, полученные в работе качественные закономерности позволяют выбирать скважины для проведения ГРП, которые позволят уменьшить или сохранить уровень обводнённости продукции и обеспечить увеличение нефтеотдачи пластов.

Список литературы / References

1. Малышев Г. А. Анализ технологии проведения ГРП на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» / Г. А. Малышев // Нефтяное хозяйство. – 1997. – №9. – С. 46-51.
2. Артеминко А. И. Вязкое дело / А. И. Артеминко // Нефтегазовая вертикаль. – 2000. – № 3. – С. 21–22.
3. Мусин К. М. Методические подходы по определению параметров сверхвязких тяжелых нефтей / К. М. Мусин // Сборник научных трудов Тат-НИПИнефть. – 2012. – № 80. – С. 56–65.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Malyshev G. A. Analiz tekhnologii provedeniia GRP na mestorozhdeniiakh OAO Surgutneftegaz [Analysis of hydraulic fracturing technology in the fields of OJSC «Surgutneftegas»] / G. A. Malyshev // Neftianoe khoziaistvo [Oil industry]. – 1997. V. 1. №9. P. 46–51. [in Russian]
2. Arteminko A. I. Viazkoe delo [Viscous matter] / A. I. Arteminko // Neftegazovaia vertikal [Gas vertical]. – 2000. – № 3. – P. 21-22. [in Russian]
3. Musin K. M. Metodicheskie podkhody po opredeleniiu parametrov sverkhviazkikh tiazhelykh neftei [Methodological approaches for the characterization of extra-heavy oil] / K. M. Musin // Sbornik nauchnykh trudov Tat-NIPIneft [Collection of scientific works Tat-NIPIneft]. – 2012. – № 80. – P. 56-65. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.127>Козинер Ю.Д.¹, Арефьев А.В.², Арефьев В.В.³¹Кандидат технических наук, доцент, ^{2,3}Студент,

Московский Авиационный Институт (Национальный Исследовательский Университет)

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЕРА ЛОПАТКИ ДЛЯ КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ (ГТД)**Аннотация**

В статье представлены результаты исследования нового метода фрезерования пера лопатки компрессора газотурбинного двигателя. Проведена комплексная оптимизация CAD /CAM технологии для проектирования и изготовления детали. Предложен новый метод фрезерования пера лопатки - спиральная обработка специальным режущим инструментом. Разработаны оптимальные режимы обработки с учетом деформации заготовки под действием сил резания. Проведены исследования подтверждающие эффективность предложенного метода. Внедрение разработанного метода в техпроцесс изготовления лопаток компрессора позволило существенно повысить его технические и экономические показатели. Предложенная технология обработки пера лопатки прошла апробацию на предприятии и получила положительную оценку.

Ключевые слова: фрезерование, перо, лопатка, компрессор, технология, оптимизация, инструмент.

Koziner Y.D.¹, Arefiev A.V.², Arefiev V.V.³¹PhD in Engineering, associate professor,^{2,3}Student, Moscow Aviation Institute (National Research University)**OPTIMIZATION OF HIGH-SPEED MILLING OF BLADE AIRFOIL FOR THE COMPRESSOR OF THE GAS TURBINE ENGINE (GTE)****Abstract**

The paper presents the results of a study of a new method for milling of blade airfoil of compressor of a gas turbine engine. The complex optimization of CAD / CAM technology for design and manufacturing of the component has been carried out in the work. A new method for milling of blade airfoil is proposed – a helical processing with a special cutting tool. The optimal processing modes which take into account deformation of the workpiece under the action of cutting forces are developed as well. The research conducted confirms the effectiveness of the proposed method. The introduction of the developed method into the manufacturing process of the compressor blades makes it possible to increase significantly its technical and economic performance. The proposed technology for processing of blade airfoil was approved at the enterprise and received a positive assessment.

Keywords: milling, feather, blade, compressor, technology, optimization, tool.

Целью данной работы является оптимизация высокоскоростного процесса фрезерования пера лопатки для компрессора ГТД (газотурбинного двигателя) из титанового сплава на станке с ЧПУ.

Известно, что обработка титановых сплавов сопряжена с определенными трудностями: это низкая стойкость режущего инструмента, высокая температура в контактной зоне, значительные усилия резания. Современные технологии изготовления лопаток компрессора ГТД основаны на двух методах формообразования пера. Первое это холодная (горячая) штамповка с дальнейшим вальцеванием пера, второе это фрезерование. Замковая часть лопатки в обоих случаях обрабатывается протягиванием или фрезерованием. Заготовкой для фрезерования служит достаточно массивный полуфабрикат с протянутым замком, который используется в качестве технологической базы для ориентации пера в приспособлении.

Однако используемый метод фрезерования пера лопатки из массивной заготовки имеет ряд существенных недостатков.

1. Низкий коэффициент использования материала (до 80% дорогостоящего титанового сплава уходит в стружку)
2. Выполнение черновых операций фрезерования при обработке пера лопатки.
3. Необходимость полирования входной и выходной кромок, а так же радиуса перехода от пера к замку.
4. Использование дорогостоящего 5-ти координатного станка с ЧПУ.

Для совершенствования технологического процесса была предложена новая технология изготовления пера лопатки. В качестве заготовки предлагается использовать штампованную заготовку с протянутым замком и припуском на перо не более 0,3мм на сторону под механическую обработку [2, С. 57-63]. Однако уменьшение припуска на фрезерование значительно уменьшает жесткость заготовки [2, С. 18], что отрицательно сказывается на точности обработки, качестве поверхности и стойкости инструмента. Для повышения жесткости заготовки было предложено использовать сплав ВУДа. Этот сплав, как известно, обладает низкой температурой плавления (75-80 С) а в отвержденном состоянии имеет структуру схожую по свойствам с алюминием, вследствие чего имеет достаточную жесткость и хорошо обрабатывается резанием.

Сущность новой технологии заключается в том, что после протягивания замка заготовка погружается в форму с расплавленным сплавом, таким образом, чтобы перо и полка полностью оказались погружены в сплав. Затем заготовка вынимается на воздух вместе с формой. Затвердевание происходит практически мгновенно после чего, заготовку устанавливают на 3^х координатный станок с ЧПУ и фрезеруют перо лопатки.

Жесткость заготовки при данном методе обработки практически не меняется, а стойкость инструмента повышается. Съем припуска осуществляется в основном за счет удаления легкообрабатываемого сплава ВУДа. Обработку можно производить на более интенсивных режимах резания. Стоит отметить, что экономически эта технология также обоснована. Сплав ВУДа, на розничном рынке стоит порядка 1200р/кг, что значительно дешевле титанового сплава, из которого изготавливается лопатка. Стружку сплава ВУДа можно использовать повторно, достаточно переплавить ее в кипящей воде. Если на замке остаются капли сплава они легко смываются в кипятке.

Реализация предложенной технологии производилась в следующем порядке.

Оптимизация CAD/CAM технологии

Для оптимизации CAD /CAM технологии были решены следующие задачи:

1. Произведен подбор CAD /CAM систем (программы NX4, КОМПАС 3D.V9 и Metromec).

2. Проведены исследования по выбору оптимальной траектории обработки пера лопатки с учетом требований по точности, качеству поверхностного слоя и производительности. Были исследованы две траектории обработки пера лопатки:

а) Спиральная обработка пера.

в) Пошаговая обработка пера по окружности.

Анализ результатов исследований показал, что при обработке по спиральной траектории снижается время на подвод инструмента, а так же уменьшается биения пера за счет увеличения осевой и уменьшения радиальной нагрузки.

3. Была разработана математическая модель детали и заготовки [3, С. 4-6], управляющая программа обработки, траектория движения инструмента [4, С. 18] в программе NX4. Программа NX4 является модульной, что позволяет проектирование 3D моделей и траектории обработки вести в одном файле. Применение КОМПАС 3D.V9 позволяет использовать стандарты ЕСКД. После конвертации 3D модели из NX4 в КОМПАС 3D.V9 были получены чертежи для построения системы координат станка, и сопоставления ее системе координат в которой строилась 3D модель.

4. Проанализирована возможность редактирования программы непосредственно в стойке станка, после выявления неточностей и отклонений от математической модели размеров выходной детали (в частности разворот пера, относительно оси Z и неравномерность отклонений по профилю пера на выходной кромке). В связи, с чем непосредственно в станке с помощью G кодов была развернута система координат на нужный угол.

5. Разработана программа для измерения выходной детали и сравнения её с эталоном в программе metromec для CMM Wenzel LH54. Отличительной особенностью этих измерений является то, что они ведутся в пространстве, а значит, мы имеем пространственное представление об отклонениях точек в ту или иную сторону, исходя из этого, легко делать выводы о наклоне пера, его развороте или элементарном выпадении точек.

Выбор оптимальной конструкции режущего инструмента

Использование 3-х координатного станка и спиральной траектории обработки, а так же требования к качеству поверхности пера определило выбор конструкции режущего инструмента:

1. Т-образный режущий инструмент (концевая фреза), позволяющий фрезеровать труднодоступные зоны пера.

2. Режущие кромки зубьев фрезы должны быть заточены таким образом, чтобы профиль зуба был равен радиусу перехода пера в замок лопатки. При такой заточке зубьев фрезы исключается операция, полирования кромок пера лопатки и переходного радиуса.

3. Инструмент должен изготавливаться на инструментальных предприятиях и иметь съемные режущие пластины.

Этим требованиям в полной мере соответствует Т-образная фреза CoroMill 327 с твердосплавным хвостовиком Weldon фирмы Sandvikcoromant (рис. 1) Диаметр пластины и хвостовика должны быть подобраны таким образом, чтобы можно было фрезеровать лопатки компрессора без применения 5-ти координатной обработки. Пластины выполнены из твердого сплава GC1025 с покрытием PVD оптимального для обработки титановых сплавов [1, С. 63]. Фреза имеет шесть режущих элементов, что обеспечивает высокопроизводительную обработку. В хвостовике фрезы имеются каналы для внутреннего подвода СОЖ. Эскиз фрезы представлен на рис. 1.

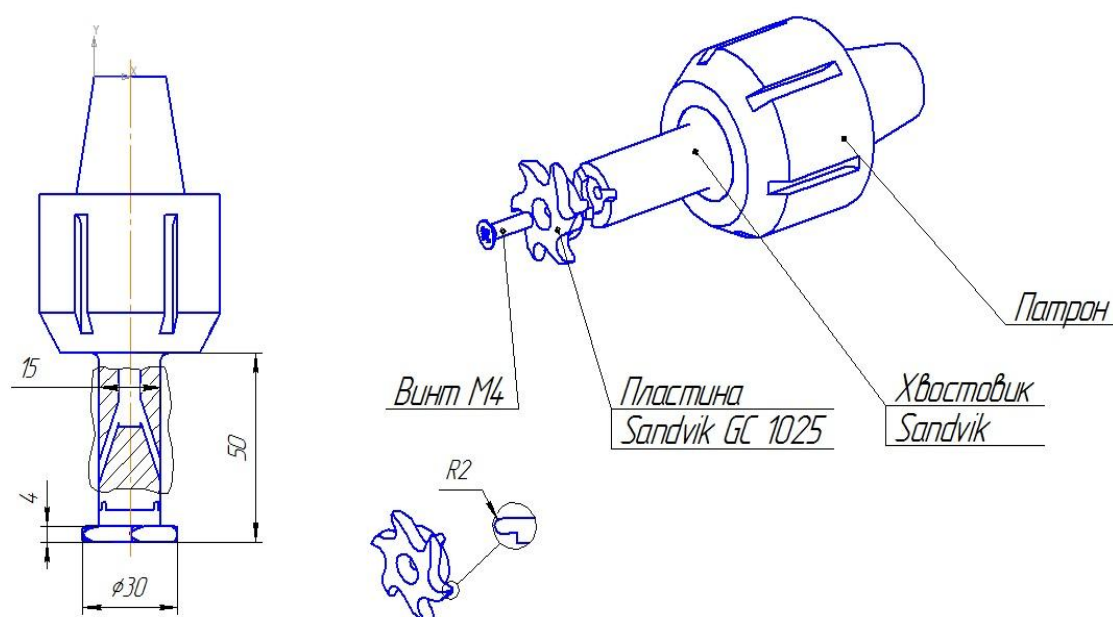


Рис. 1 – Конструкция режущего инструмента

Расчет оптимальных режимов резания

Для данного вида обработки с учетом рекомендаций производителя режущего инструмента были разработаны оптимальные режимы резания. Расчеты производились в программе CIMCOSpeedadFeed. По результатам проведенных экспериментов были получены зависимости количества обработанных лопаток n величины подачи S_z (рис. 2) и времени обработки от той же величины (рис. 3).

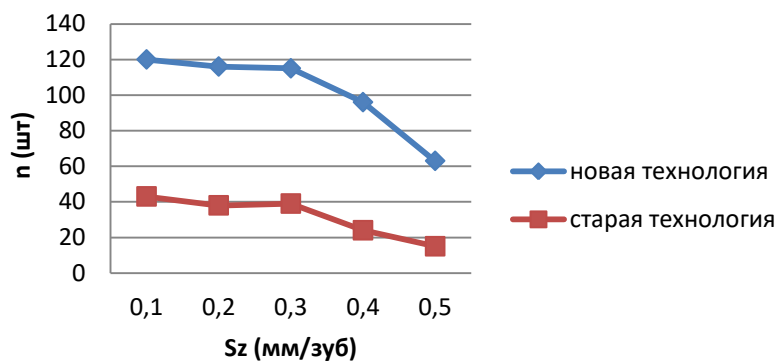


Рис. 2 – Зависимость количества лопаток обработанных одной пластиной от величины подачи на зуб

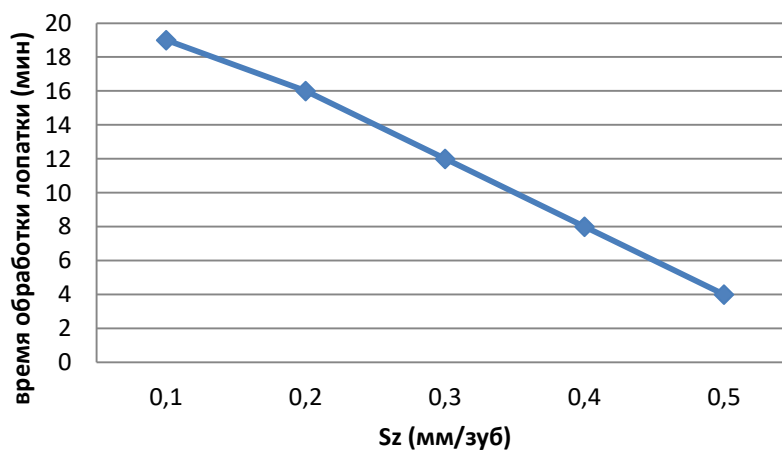


Рис. 3 – Зависимость времени обработки одной лопатки от величины подачи на зуб

На рассчитанных режимах фрезерования была обработана партия лопаток и по результатам обработки были внесены коррективы в режимы резания (с учетом прогиба заготовки под действием сил резания). Скорректированные режимы обработки приведены ниже:

$S=2200$ об/мин.

$F=980$ мм/мин

$S_z=0.3$ мм/зуб

$H=0.2$ мм

S - число оборотов шпинделя

F - минутная подача

S_z - подача на зуб

H - шаг спирали в глубину(глубина съема)

Выводы

В результате применения технологии с использованием сплава ВУДа экономия материала составила порядка 70%. Жизненный цикл инструмента продлен до 230% в сравнении со старой технологией, за счет меньшего съема труднообрабатываемого титанового сплава. Полное время обработки от заготовки до готовой детали сократилось на 40%. Сокращение произошло в основном за счет исключения черновых операций фрезерования и обработки на более интенсивных режимах резания. В результате повышения жесткости заготовки и применения Т-образного инструмента появилась возможность использования более дешевого станочного оборудования и была исключена операция ручного полирования радиуса перехода от пера к полке замка.

Исследования были проведены на заводе ММП «им В. В. Чернышева» на трехкоординатном станке с ЧПУ «VDF-850». Предложенная технология была рекомендована для реализации в техпроцессе изготовления лопаток компрессора ГТД.

Список литературы / References

1. Кривоухов В. А. Обработка резанием титановых сплавов / В. А. Кривоухов, А. Д. Чубаров. М.: Машиностроение, 1970. 180 с.
2. Хижный, Д. Э. Механическая обработка малопрпусковых заготовок лопаток компрессора. / Д. Э. Хижный, И. В. Семенченко // Приложение к журналу: Авиационная промышленность, 1986. — № 5. С. 7-9.

3. Данилов Ю.В. Практическое использование NX. / Ю. В. Данилов, И. А. Артамонов. ДМК Пресс ISBN: 978-5-94074-717-8, 2011. 332с.

4. Ведмидь П. А. Основы NX CAM./ П. А. Ведмидь: ДМК Пресс, 2012. 216 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Krivoukhov V.A. Obrabotka rezaniem titanovykh splavov [Machining of titanium alloys] / V.A. Krivoukhov, A.D. Chubarov. - М.: Mashinostroyeniye, 1970. - 180 p. [In Russian]

2. Khizhnyi, D. E. Mekhanicheskaya obrabotka malopriuskovykh zagotovok lopatok kompressora [Machining of workpieces of Lowallowance Compressor Blades.] / D. E. Khizhnyi, I.V. Semenchenko // Prilozheniye k zhurnalu: Aviatcionnaya promyshlennost [Annex to the magazine: Aviation industry.] - 1986. - № 5. - P. 7-9. [In Russian]

3. Danilov Yu.V. Prakticheskoye ispolzovaniye NX [Practical Use of NX.] / Yu.V. Danilov, I.A. Artamonov. - ДМК Пресс, 2011. - 332p. [In Russian]

4. Vedmid P.A. Osnovy NX CAM [Basics of NX CAM] / P.A. Vedmid. - ДМК Пресс, 2012. - 216 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.070>

Логунова М.В.¹, Буссаха Фетхи², Хадидан Мохамед сейф-еддин³, Бумайза мерьем⁴

¹Доктор педагогических наук, профессор, Нижегородский государственный строительный университет,

^{2,3}аспирант, Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина –

Мининский университет, ⁴магистр, Баджи Мохтара университет

СЕМАНТИКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР В СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ РЕШЕНИЯХ

Аннотация

В статье рассматривается проблема визуальной информативности современной архитектуры. Архитектура и эмоциональный мир человека взаимосвязаны. Потеря архитектурой присущей ей изначально информативности негативно отражается на качестве урбанизированной среды современных городов. Семантика архитектурных образов, построенных на основе геометрических фигур, имеет свое временное развитие. Геометрическая фигура как архетип сохраняет свою ключевую роль в создании образа архитектурного объекта. Однако традиционное прочтение формы в современной проектной практике получает новое осмысление.

Ключевые слова: геометрическая фигура, архетип, семантика, фасад, визуальная информация.

Lagonova M.V.¹, Boussaha Fethi², Hadidan Mohamed Seif-eddine³, Boumaiza Meriem⁴

¹PhD in Pedagogy, Professor of Nizhny Novgorod State University of Civil Engineering,

^{2,3}postgraduate students of Nizhny Novgorod state Pedagogy university,

⁴undergraduate student, Badji Mokhtar state university

SEMANTICS OF GEOMETRICAL FIGURES IN THE MODERN FACADE DECISIONS

Abstract

The article deals with a problem of the visual informative value of the modern architecture. Architecture and human sensibly are tied together. The loss of informative that is inherent with architecture would be detrimental to the urbanized environmental quality of the modern cities. Semantics of the architectural characters based on geometrical figures have the continuing development. A geometrical figure as the archetype is a key player in creating the character of architectural object. However, the traditional interpretation of the form makes new sense in the modern architecture and construction design.

Keywords: geometrical figure, archetype, semantics, façade, visual information.

Современная архитектура в своем развитии стремится следовать последним техническим достижениям и сохранять преемственность. Поэтому в настоящее время все большее распространение получает тенденция слияния различных дисциплин. Архитектура, как область социально ориентированной деятельности, развивается в направлении привлечения к процессу проектирования социологии, психологии, экономики, технических наук. Поэтому появилось значительное количество междисциплинарных исследований, затрагивающих вопросы современной архитектуры с разных позиций. Большое внимание уделяется феноменологии архитектуры, феномену зрительного восприятия, колористике, основам композиции. Слабо затронутыми остаются вопросы первичной геометрии в деталях фасада. Архитектурная форма рассматривается как система, что вполне оправдано. Но роль отдельных элементов этой системы с позиций информативности изучена недостаточно. Тем более что коммуникативные требования к архитектурной среде с каждым годом возрастают.

В конце XX в. значительное внимание стало уделяться изучению архитектурного языка. Исследователи связывают это явление с процессами стилеобразования. Уже во второй половине XIX в. наблюдается одновременное существование разных стилистических направлений. Именно это разнообразие и привело к расширению смысловых трактовок отдельных элементов в образе архитектурного объекта.

Современная архитектура характеризуется активным применением инновационных технологий, как на стадии проектирования, так и в процессе реализации проекта. Это привело к возникновению новых «неканонических» [3, С. 4] метафор в архитектурном языке.

Архитектура как часть современной коммуникативной среды имеет свою семантику [2]. Семантика является одной из составляющих архитектурной семиотики и отвечает за смысловую сторону архитектуры. Семантика изучает правила интерпретации знаков, т.е. затрагивает образно-знаковый и символический аспекты архитектуры [9, С. 81–82].

Геометрия является основой архитектуры и активно участвует в формировании ее языка. Простые геометрические фигуры (архетипы) изначально несли смысловую нагрузку [6]. Древний человек с помощью знаков выражал свое представление об окружающем мире. Изображения таких знаков мы можем найти на различных бытовых предметах,

стенах жилищ, в одежде. На их основе создавались целые орнаментальные композиции. В таких композициях часто встречаются изображения геометрических фигур-символов: круга-солнца, квадрата-земли, треугольников-гор (или леса); спирали, выражающей идеи бесконечности бытия, постоянного развития или вечного движения.

Каждая культовая система создавала собственные парадигмы, определяющие семантику геометрических фигур. Также стоит отметить, что каждая культура интерпретировала тот или иной знак (фигуру) по-своему.

Рассмотрим значение основных фигур.

Круг всегда являлся универсальным символом. Он не имеет начала и конца. Поэтому во многих традициях круг олицетворял собой Космос, вселенское пространство. Его основная функция – символически изображать небесные тела. В христианском культе круг был связан с представлениями о мире и бесконечности.

Квадрат встречается в орнаментальных композициях большинства древних культур. Квадрат символизировал собой основы мироздания, четыре стороны света. Также квадрат был связан с землей, плодородием. Например, в греко-римской традиции он являлся символом Афродиты (женской плодородной силы)

Треугольник связывали с магическим числом три. Равносторонний треугольник с вершиной, направленной вверх, в христианстве и иудаизме символизировал высшее божество. Треугольник, направленный вершиной вниз зачастую связывали с женским началом.

Отдельно можно упомянуть ордерные системы. Имея в своей основе «природные» прототипы, постепенно они приобретали все более строгие и лаконичные геометрические формы. У древних греков колонна представляла собой человеческое тело. На это указывают не только фигуры кариатид и атлантов, но и названия отдельных элементов ордера. В архитектуре постмодернизма одерные композиции меняют свой визуальный облик и приобретают совершенно иное смысловое звучание (работы Рикардо Бофилла, Майкла Грейвза и др.).

Язык архитектурной формы, как уже было указано выше, принадлежит к знаковым или семиотическим системам. Их содержание выражается с помощью определенных знаков или кодов. В данном случае мы рассматриваем геометрические фигуры.

Ю.И. Курбатов выделяет в архитектурном языке два типа кодов, противоположных по смыслу. Первый – это код зашифровывающий. Он отвечает за новизну. Второй код – дешифровывающий. Он выражает преемственность [5].

Новизна в архитектурной форме усложняет восприятие, она как бы позволяет человеку включиться в процесс творчества.

Преемственность наоборот призвана облегчить восприятие. Она приближает архитектурный образ к человеку, вводит его в круг гуманитарной культуры, соотносит с психологическими потребностями. Именно здесь происходит интуитивное прочтение кода, основанное на культурных традициях.

Сочетание этих двух кодов в языке архитектурных форм всегда является отражением эпохи. Оно дает представление об уровне культурного развития, приоритетах, национальных особенностях, структуре психологии восприятия [5].

Важным фактором, который необходимо учитывать при разработке фасадных плоскостей, является визуальное восприятие. Вопросами разработки экологических принципов построения материальных объектов, отвечающих «нормам зрения», занимается визуальная экология [8]. В данном случае она определяет степень насыщенности фасадной плоскости геометрическими элементами, характер их соотношения и расположения. Эти параметры характеризуют визуальную информативность объекта, попадающего в наше поле зрения. Недостаток информации, как и ее избыток, оказывают негативное влияние на психоэмоциональное состояние человека [8, С. 43–45].

Поэтому необходимо создавать понятный и комфортный для восприятия образ архитектурного пространства.

Следует отметить, что восприятие фасадных плоскостей зависит от характеристик окружающей среды. В первую очередь – это характер прилегающей застройки. В исторических центрах городов с квартальной застройкой малой или средней этажности фронт улицы представляет собой сплошную линию фасадных плоскостей. Любой новый объект должен быть корректно встроен в сложившуюся картину застройки. Для новых микрорайонов характерна точечная высотная застройка и наличие свободных пространств, что обеспечивает большую вариативность в точках восприятия фасада здания.

В урбанизированной среде человек должен иметь возможность простой понятной ориентации, узнавания знакомых символов. Поэтому в проектных решениях не должно быть разрыва с прошлым. Как показывают примеры востребованных архитектурных сооружений, их авторы в той или иной мере сознательно обращаются к историческим образцам. Тем самым они создают узнаваемую и запоминаемую архитектуру.

К простым формам зодчие обращались неоднократно. В какой-то степени это было связано и с утилитарной функцией архитектуры. Тем не менее, они продолжали сохранять за собой традицию несения смысловой нагрузки.

Рассмотрим варианты использования геометрических фигур в разработке композиционных решений фасадных плоскостей зданий и сооружений.

Наиболее распространенным вариантом применения геометрических фигур на фасаде являются проемы. Помимо утилитарной функции, они выполняют и функцию формирования фасадной плоскости здания.

В ранних постройках размеры проемов, их форма задавались исходя из технических возможностей (строительные материалы, технология производства). В культовых постройках учитывалась также сакральная символика формы.

Геометрические фигуры на фасаде можно увидеть в характере кладки. Рисунок кладки, размеры и форма каменных блоков или кирпича задает определенную фактуру поверхности фасада, масштабность постройки.

Облицовка фасада различными материалами также является достаточно традиционным приемом, широко применяемым и в настоящее время.

В архитектуре многих стран использовались мозаики, позволяющие создавать национальные орнаментальные мотивы. Семантика орнаментальных композиций зачастую выполняла защитные функции, являясь своего рода оберегом. Здесь уместно будет вспомнить резные декоративные элементы русских изб, каменную резьбу на стенах древнерусских храмов, орнаментальные мотивы, выложенные из плитки.

В современной архитектуре приемы использования традиционной орнаментики в декоре фасадов в первую очередь становятся показателями преемственности региональных традиций. Их семантика отсылает человека к корням, истокам. Такие элементы обладают исторической информативностью.

В последнее время следует отметить две тенденции в использовании геометрических фигур при проектировании архитектурных объектов.

Первое направление продолжает развивать тенденцию высокотехнологичности и прагматичности. Это находит свое выражение в рациональном структурировании фасадных плоскостей, позволяющем унифицировать их производство.

Второе направление также учитывает и использует по максимуму последние достижения науки и техники. Но при этом для создания визуальных образов за основу берется живая природа (направление био-тек). Эта тенденция также не нова. Она лишь получила свое дальнейшее развитие. Здесь можно проследить усложнение геометрии как отдельных элементов, так и всего сооружения в целом. Появляются новые виды геометрических фигур, так называемых фракталов. Фрактальная геометрия позволяет создать визуальную видимость непрерывного развития и изменения, что благоприятно для человеческого восприятия[4].

Возникновение сложной геометрии, в какой-то мере обусловлено и развитием технологий проектирования, позволяющих ее воспроизвести и рассчитать [1].

При всей технической сложности таких решений, семантика полученного визуального образа оказывается простой и понятной. На интуитивном уровне прочитывается ее природная основа, которой так не хватает в современной урбанизированной среде.

При этом сохраняется и приверженность к простым формам.

В качестве примера можно привести проект штаб-квартиры фирмы Инотера в Тайпее (архитектурная фирма «tecArchitecture», 2004г.). Основой образного решения послужило объединение элементов традиционной азиатской архитектуры и высоких технологий. Фасад здания состоит из панелей, имитирующих традиционную тайваньскую отделку плиткой. Панели имеют прямоугольную форму и меняют размеры и цвет с изменением высоты расположения. При разбиении фасадов была использована параметризация [1].

Специалисты фирмы HAEHNArchitecture разработали проект офисного 33-этажного строения для компании IFEZ. Характерным для этой башни-небоскреба является динамичность стиля. Фасад всего комплекса – это набор четких геометрических фигур [7].

Специалисты отмечают, что в современной мировой архитектуре появляется все больше объектов, лаконичных и прагматичных по своей форме, но отличающихся точностью в деталях и качеством исполнения. Предпочтение отдается формам, позволяющим создавать энергоэффективные здания, а также снизить затраты по его возведению.

Следует учитывать также назначение здания. Проекты крупных общественных сооружений «транслируют» в мир совершенно иную информацию, чем проекты жилой застройки.

Особняком стоят проекты именитых архитекторов. Они отличаются яркой индивидуальностью и почерком автора (ЗахаХадид, Даниэль Либескинд, НорманФостер и др.). В определенной степени они задают направление движения архитектурной мысли. Но следует отметить факт уникальности таких объектов. Они зачастую воспринимаются не как объекты архитектуры, а как произведения искусства, самодостаточные сами по себе без какого-либо контекста. Не зря в профессиональной среде их именуют зданиями-скульптурами.

История характеризуется цикличностью. История архитектуры тоже следует этой закономерности. Еще в прошлом веке яркой индивидуальностью отличались крупные общественные и культовые постройки. Объекты гражданского строительства наоборот сохраняли традиционность форм, выделяясь исключительно декором фасадов.

В настоящее время развитие проектных решений фасадов жилых зданий следует в направлении разнообразия деталей, отделочных материалов, цветовой гаммы, пластики фасадов (геометрии членений и рельефе). Такие решения оправданы возможностями современной строительной промышленности.

Использование семантики геометрических фигур как определенного инструмента преемственности для включения узнаваемых элементов в новые образы позволяет расширить границы архитектурного творчества. Таким образом, возможно создание полноценных контекстуальных форм с ориентацией на будущее, при этом не теряя связи с прошлым.

Исходя из выше сказанного можно утверждать, что геометрические фигуры играют существенную роль в формообразовании фасадов современных зданий. Изначально в процессе построения архитектурных сооружений значимую роль играли простейшие геометрические фигуры, ставшие архетипами как в архитектуре, так и в культурной традиции. Это круг, квадрат, треугольник. Они наделялись различными смысловыми значениями. В первую очередь эти фигуры были включены в систему мировосприятия. Они имели сакральный смысл.

В настоящее время семантическое значение фигур во многом определяется выполняемой ими функцией.

Формат и геометрия проемов позволяют определить тип здания (жилое, общественное, промышленное). Членения фасадов (порезка остекления, различные облицовочные панели) помогают задать правильный масштаб сооружения.

Геометрическая форма отдельных элементов фасада с одной стороны демонстрирует высокую технологичность постройки, с другой стороны воспроизводит живую окружающую среду. Экология архитектуры в современном прочтении включает в себя степень комфортности визуальной среды, в значительной степени создаваемой фасадами плоскостями окружающих нас зданий. Таким образом, делается попытка создания экологичной и комфортной визуальной среды современного города.

Список литературы / References

1. Алтунян А.О. Методы формообразования в компьютерном искусстве и проектные технологии в архитектуре [Электронный ресурс] // Международный электронный научно-образовательный журнал «Architecture and Modern Information Technologies». – 2(19), 2012. – Режим доступа: <https://goo.gl/y6q1zw>

2. Вывра А.Ю., Леонтьев Д.А. Возможности субъективно-семантических методов в исследовании восприятия архитектуры // Культурно-историческая психология. - Т. 11. № 4, 2015.- С. 96–111.
3. Вытулева К.О. Пространственные эксперименты в новейшей архитектуре. / К вопросу о «новых образах» / Автореф. дисс. ... канд. искусствоведения, 17.00.04. – М., 2010. – 27 с.
4. Исаева В.В., Касьянов Н.В. Фрактальность природных и архитектурных форм // Вестник Дальневосточного отделения РАН. - Вып. 5 (Сентябрь-Октябрь 2006 г.). - С. 119-127.
5. Курбатов Ю.И. Ассоциативность как инструмент преемственности в визуальном языке архитектуры [Электронный ресурс] // «Архитектурный Петербург» - Информационно-аналитический бюллетень Союза архитекторов Санкт-Петербурга, Объединения архитектурных мастерских Санкт-Петербурга, СРО НП «Гильдия архитекторов и инженеров Петербурга». – 02.2016. – Режим доступа: <https://goo.gl/bJzIfO>
6. Мухин А.С. Архитектура как архетипическое проявление институций культурного сознания / Автореф. дисс. ... д-ра философских наук, 24.00.01. – Санкт-Петербург, 2014. – 53 с.
7. Современная архитектура и фасады [Электронный ресурс] // Обзоры и переводы зарубежных авторов в области архитектуры, фасадов, экстерьера. – Режим доступа: <http://www.archfacade.ru/>
8. Филин В.А. Визуальная среда города // Вестник Международной академии наук. Русская секция. – 2, 2006. – С. 43–50.
9. Янковская Ю.С. Семиотические механизмы архитектуры // Известия УРГУ. - № 32. – С. 81-88.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Altunjan A.O. Metody formoobrazovaniya v komp'yuternom iskusstve i proektnye tehnologii v arhitekture [Methods of shaping in computer art and design technologies in architecture] [Electronic resource // Mezhdunarodnyy elektronnyy nauchno-obrazovatel'nyy zhurnal «Architecture and Modern Information Technologies». - 2(19), 2012. – URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2012/2kvart12/altunian/abstract.php> [in Russian]
2. Vyrv A.Ju., Leont'ev D.A. Vozmozhnosti subektivno-semanticheskikh metodov v issledovanii vospriyatija arhitektury [Possibilities of the subjective-semantic methods in the research of perception of architecture] // Kul'turno-istoricheskaja psihologija. - T. 11. № 4, 2015.- P. 96-111. [in Russian]
3. Vytuleva K.O. Prostranstvennye jeksperimenty v novejshej arhitekture. [Spatial experiments in the modern architecture] / K voprosu o «novyh obrazah» / Avtoref. diss. ... kand. iskustvovedeniya, 17.00.04. – М., 2010. – 27 p. [in Russian]
4. Isaeva V.V., Kas'janov N.V. Fraktal'nost' prirodnyh i arhitekturnyh form [Fractality of the natural and architectural forms] // Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN. - Vyp. 5 (September October 2006 g.). - P. 119-127. [in Russian]
5. Kurbatov Ju.I. Associativnost' kak instrument preemstvennosti v vizual'nom jazyke arhitektury [Associativity as a continuity tool in the visual language of architecture] [Electronic resource] // «Arhitekturnyj Peterburg» - Informacionno-analiticheskij bjulleten' Sojuza arhitektorov Sankt-Peterburga, Obedineniya arhitekturnyh masterskih Sankt-Peterburga, SRO NP «Gil'dija arhitektorov i inzhenerov Peterburga». – URL: <https://goo.gl/9FKUCb> (accessed: 02.02.2016) [in Russian]
6. Muhin A.S. Arhitektura kak arhetipicheskoe projavlenie institucij kul'turnogo soznaniya [Architecture as an archetypical manifestation of institutes of cultural consciousness] / Avtoref. diss. ...d-ra filosofskih nauk, 24.00.01. – Sankt-Peterburg, 2014. – 53 p. [in Russian]
7. Sovremennaja arhitektura i fasady / Obzory i perevody zarubezhnyh avtorov v oblasti arhitektury, fasadov, jekster'era. [Modern architecture and facades / Reviews and translations of foreign authors in architecture, facades, exterior]. – [Electronic resource]. – URL: <http://www.archfacade.ru/> [in Russian]
8. Filin V.A. Vizual'naja sreda goroda [Visual environment of the city] // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii nauk. Russkaja sekcija. – 2, 2006. – P. 43-50. [in Russian]
9. Jankovskaja Ju.S. Semioticheskie mehanizmy arhitektury [Semiotic mechanisms of architecture] // Izvestija URGU. - № 32. – P. 81-88. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.128>Мамедов Р.К.¹, Михайловский А.И.²^{1,2}Доктор технических наук, ²Аспирант, Университет ИТМО**ПЕЛЕНГАЦИОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МОДУЛЯ МЕЖСПУТНИКОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ****Аннотация**

Рассматривается пеленгационный блок (ПБ) для модуля межспутниковой линии связи (МЛС), предназначенный для приема лазерного оптического излучения с модуля-передатчика другого МЛС. Приведены результаты, вместе с абберационным расчетом в программе автоматизированного расчета оптики - ZEMAX, разработки зеркальной оптической системы Ричи-Кретьена и его конструкция. Рассмотрены основные погрешности, возникающие во время изготовления и сборки зеркальной системы, также рассмотрено проектирование термокомпенсатора.

Ключевые слова: оптическая связь, термокомпенсаторы, зеркальные системы Ричи-Кретьена.

Mihajlovskij A.I.¹ Mamedov R.K.²¹Postgraduate student, ²PhD in Engineering, ITMO University**COURSE FINDING UNIT FOR THE MODULE OF INTER-SATELLITE COMMUNICATION LINE****Abstract**

The paper considers the course finding unit (CF) for the inter-satellite communication module (ISCM) intended for receiving laser optical radiation from the transmitter module of another ISCM. The results are presented, together with aberration calculation in application of computer-aided calculation of optics – ZEMAX, the development of the Ritchie-Chretien mirror optical system and its design. The main errors taking place during the production and assembly of a mirror system are considered, and the design of a temperature compensator is considered as well.

Keywords: optical communication, temperature compensators, mirror systems of Ritchie-Chretien.

Введение

Лазерная связь обеспечивает экономичное решение проблемы надежной и высокоскоростной ближней и дальней связи (1,2 км), необходимость которой обусловлена объединением телекоммуникационных систем различных объектов. Ее использование позволит осуществить интеграцию сетей с глобальными сетями, интеграцию удаленных друг от друга локальных сетей, так же этот метод применим и в системах межспутниковой системы связи [1-6].

Расчет оптической системы

Поскольку приемник излучения будет находиться на расстоянии 1000 км от источника излучения одним из основных требований к ПБ является условие использования такой зеркальной системы, поверхности которой вносили бы минимальные aberrации на конечное изображение. В этой связи нами использована система Ричи-Кретьена, в которой конфигурация зеркал позволяет получить малоабберационное изображение в центре поля.

Для синтеза системы Ричи-Кретьена и получения необходимых характеристик изображения нам необходимо было определиться с начальными параметрами системы. С этой целью был выбран метод нулевого луча, использование которого позволяет рассчитать радиусы кривизны поверхностей зеркал исходя из фокусного расстояния системы, а также расстояние между компонентами.

Исходя из размера входного зрачка y' и углового поля 2ω , можно рассчитать фокальное расстояние системы из формулы.

$$f'_{об} = \frac{y}{2\omega}$$

где ω - половина углового поля системы

y' – размер изображения

$f'_{об}$ – фокальное расстояние

Нам заданы угловое поле и линейное поле в пространстве изображения, т.е. диагональ матрицы:

$$tg(\omega) = \frac{y'}{f'_{об}}$$

Длину системы принимаем равной $L = 120$ мм, и рассчитываем радиусы кривизны системы в первом приближении.

В методе нулевого луча все расстояния системы и приводятся к фокусному расстоянию:

$$\partial = \frac{L}{f'} = \frac{120}{477.33} = 0.25134$$

$$f'_{об} = \frac{12.5}{0.026185} = 477.33 \text{ мм}$$

Экранирование системы для удобства примем равным $\varepsilon = 0.5$

Приведенное расстояние между компонентами будет равным:

$$\tilde{d} = \partial - \varepsilon = -0.24866$$

$\alpha_1 = 0$ – угол нулевого луча в бесконечности примем равным нулю.

$\alpha_3 = 1$ – потому что изображение находится на конечном расстоянии

$$\alpha_2 = \frac{1-\varepsilon}{d} = -2.010778$$

α_2 – угол распространения в среде.

$$\sigma_1 - 1 - \frac{2*\varepsilon}{(\alpha_2)^2*\varepsilon} = -1.505346$$

σ_1 – коэффициент деформации главного зеркала

$$\sigma_2 = \frac{-2 * (\alpha_2)^2}{(1 - \alpha_2)^3 * (1 - \varepsilon)} - \left(\frac{(1 + \alpha_2)}{(1 - \alpha_2)} \right)^2 = -16.66105$$

σ_2 – коэффициент деформации вторичного зеркала

Для нахождения приведенных радиусов кривизны зеркал:

$$\tilde{R}_1 = h_1 * \frac{2}{\alpha_2} = 0.99464$$

Где h_1 – высота нулевого луча на первой поверхности (главном зеркале) равная фокусу:

$$\tilde{R}_2 = h_2 * \frac{1}{1 + \alpha_2} = -0.98934$$

В нашей системе h_2 равно ε .

Зная приведенные значения радиусов кривизны поверхности оптических деталей, можно рассчитать их истинные величины:

$$R_1 = \tilde{R}_1 * f' = -474.88 \text{ мм}$$

$$R_2 = \tilde{R}_2 * f' = -472.349 \text{ мм}$$

Расстояния между компонентами составит:

$$d = \tilde{d} * f' = -118.80 \text{ мм}$$

Расстояние берется со знаком минусом, т.к. по ходу луча главное зеркало является первым и отражает свет на вторичное зеркало.

Результат расчета представлены на Рис.1.

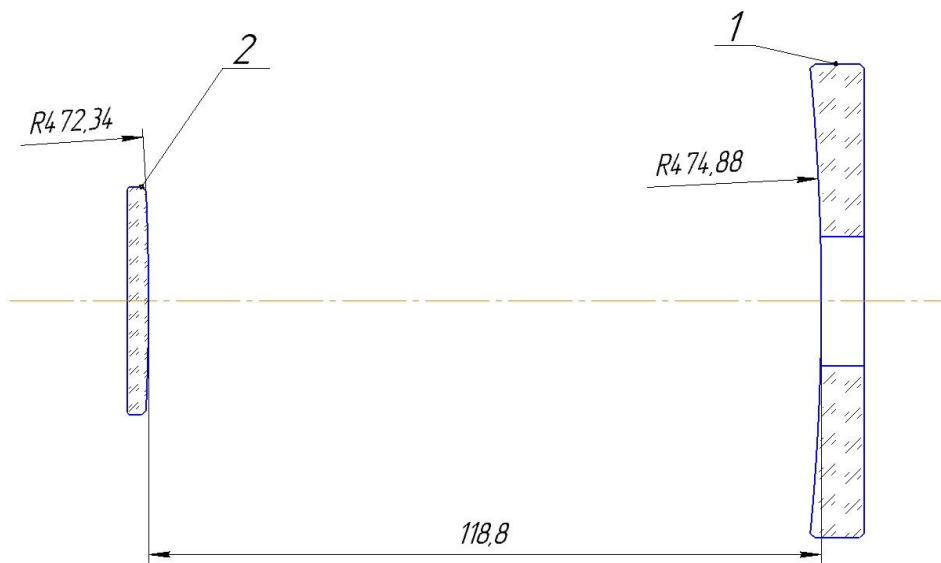


Рис. 1 – Зеркальная система Ричи-Кретьена

Расчет светоделительных пластин

Оптическая система ПБ должна одновременно работать на двух длинах волн $\lambda_1 = 660 \text{ нм}$, $\lambda_2 = 1550 \text{ нм}$. Первая длина волны является калибровочной и позволяет настроить соосно два канала - передающий и приемный. А вторая длина волны является основной и используется для связи между двумя модулями на расстоянии 1000 км. Соответственно в приборе будет два канала приема лазерного излучения – информационный и пеленгационный. Нами рассматривается пеленгационный канал. Он работает на длине волны 660 нм. В состав входит зеркальный объектив и пластина с покрытием, отражающим 99% энергии пилотной длины волны на поверхность матрицы камеры.

Диаметр пластины принят равным $\varnothing 40 \text{ мм}$. Толщина пластины будет определяться ОСТ 3-490-83 и составляет:

$$dn = \frac{D}{10} = 4 \text{ мм}$$

Так как пластина будет наклонной, оптическая ось будет отклонена на Δ , это расстояние зависит от угла наклона пластины α , показателя преломления n толщины пластины dn .

$$\left(\sin \frac{\alpha * \pi}{180} - \arcsin \frac{\sin \frac{\alpha * \pi}{180}}{n} \right) * \sqrt{\frac{dn^2 * n^2}{1 - \sin^2 \frac{\alpha * \pi}{180}}} = 1.29 \text{ мм}$$

После прохождения сходящимся пучком лучей плоскопараллельной пластины, появляется дополнительный астигматизм. Для исправления астигматизма необходимо ввести в схему дополнительную пластину - корректор. Размер этой пластины будет определяться сечением пучка лучей падающего на поверхность и составляет 14.7 мм, Диаметр пластины примем равным 20 мм. Так как необходимо корректировать астигматизм внесенный первой пластиной, толщина пластины выбирается такой же как и в первом случае. При этом пластина будет повернута на 45 градусов в сагиттальном сечении. С помощью таких пластин осуществляется разделение лучей на две длины волн. При этом астигматизм первой пластины был исправлен.

На Рис. 3 приведена упрощенная схема пеленгационного канала.

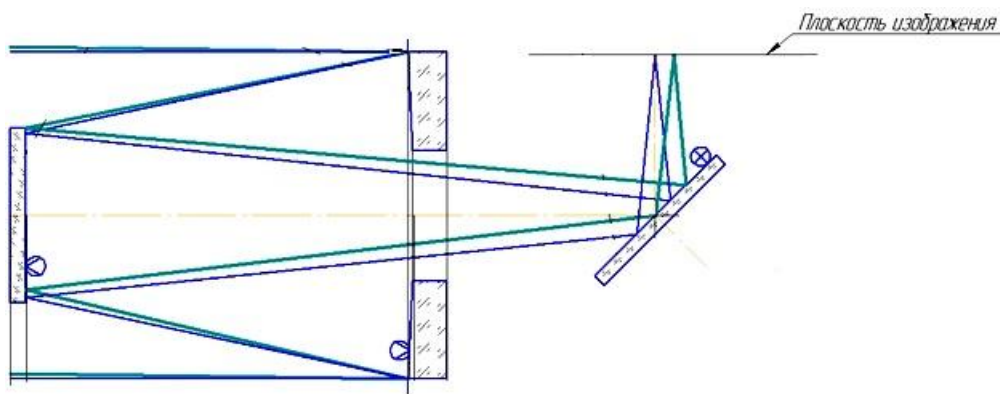


Рис. 2 – Упрощенная схема пеленгационного канала

Расчет влияния погрешностей и оптических компонентов на пятно рассеяния оптической системы пеленгатора

Первоначально рассчитываем фокус зеркала по формуле:

$$f' = \frac{R}{2} \quad (15)$$

Погрешность фокуса будет возрастать прямо пропорционально росту погрешности нанесения радиуса кривизны на поверхность зеркала[7, с153]:

$$\Delta f' = \frac{\Delta R}{2} \quad (16)$$

Так как погрешность радиуса кривизны сферы при ее изготовлении будет определяться инструментальной погрешностью станка, ее можно взять из паспорта на этот станок. В данном случае используется станок позволяющий изготавливать сферические и асферические поверхности с погрешностью не больше 1 мкм. Следовательно, $\Delta R = 1 \text{ мкм}$, а погрешность фокусного расстояние будет равна $\Delta f' = \frac{\Delta R}{2} = 0.5 \text{ мкм}$.

Аберрации системы из-за погрешности изготовления главного и малого зеркал и их установки

В основном, качество изображения оптической системе характеризуется 4 видами аберраций 3-го порядка. *Сферической аберрацией, комой, астигматизмом и дисторсией*. Они могут возникать из-за различных конструктивных параметров, сборочно-юстировочных операций, а также из-за погрешности изготовления.

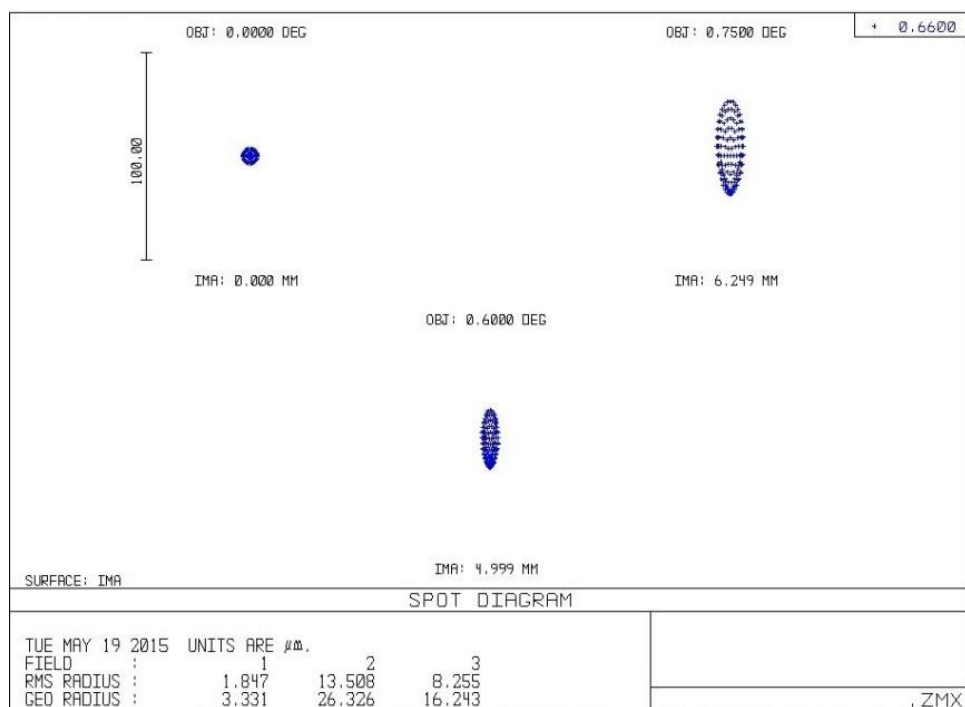


Рис. 3 – Пятно рассеяния без вносимых аберраций

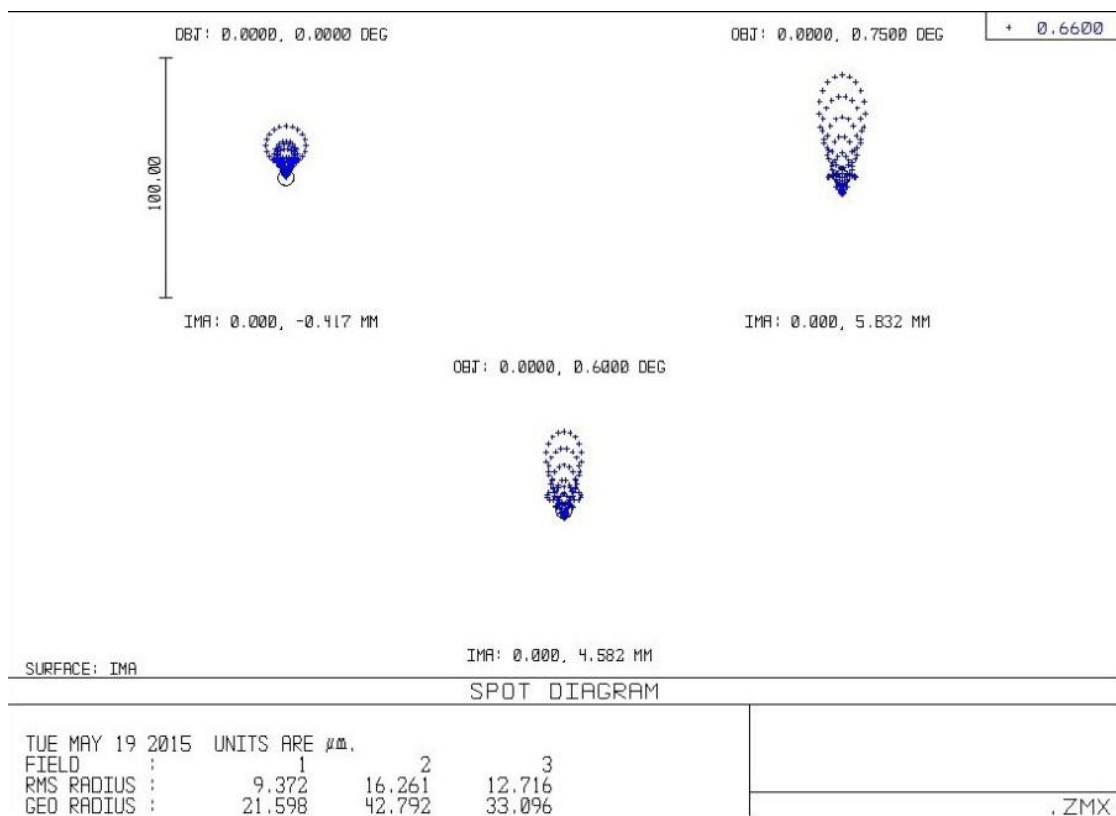


Рис. 4 – Пятно рассеяния с комой наклона

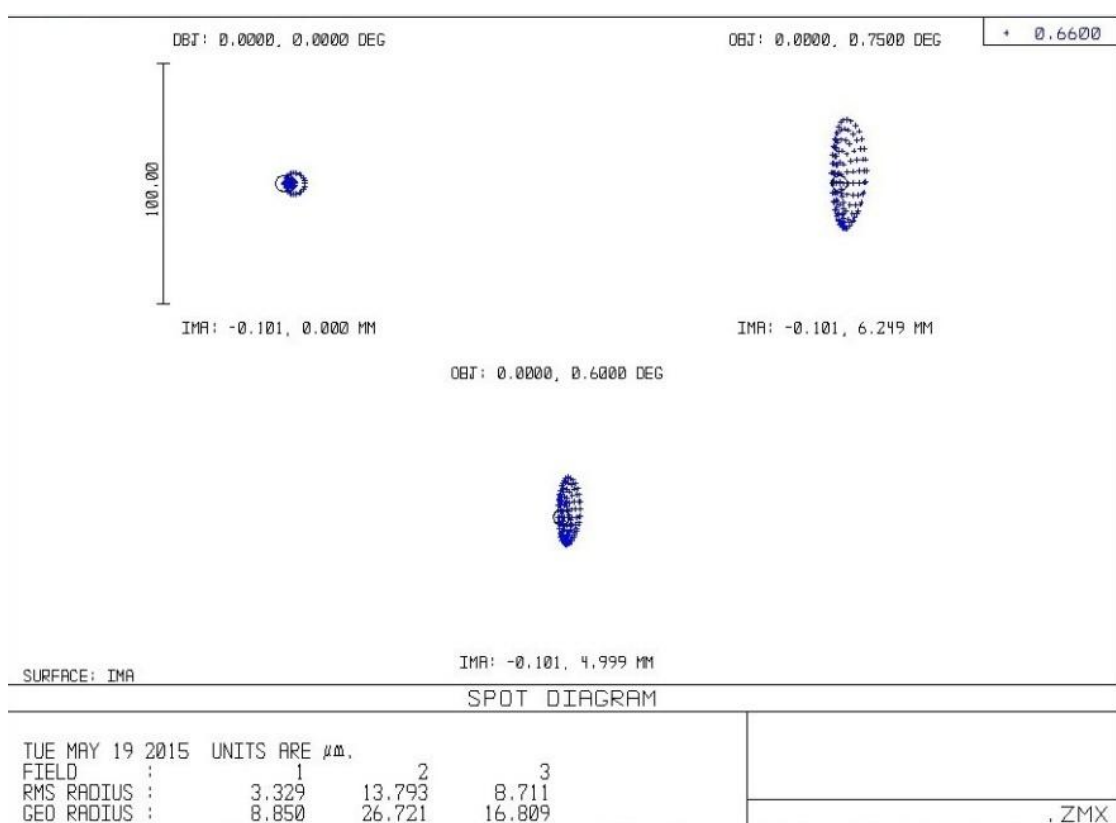


Рис. 5 – Пятно рассеяния с комой децентрировки

Вследствие того, что система имеет асферические поверхности, то сферическая aberrация системы отсутствует.

Дисторсия, зависящая от размера углового поля системы также мала.

Основные aberrации, возникающие вследствие изготовления и эксплуатации нашей системы, являются кома и астигматизм.

На рисунке 3 показано пятно рассеяния без учета погрешностей сборки. Кома может появляться из-за наклона (Рис.4) и децентрировки компонентов системы (Рис.5).

Для удобства расчета был произведен виртуальный наклон в программе Zemax.

Разработка конструкции пеленгационного и приемного каналов

Крепление главного зеркала

Главное зеркало будет установлено в корпус на острые кромки сферической поверхностью детали, для центрировки (рис.6), условие самоцентрировки при этом выполняться не будет т.к:

$$2D/R < 0.3 \quad (17)$$

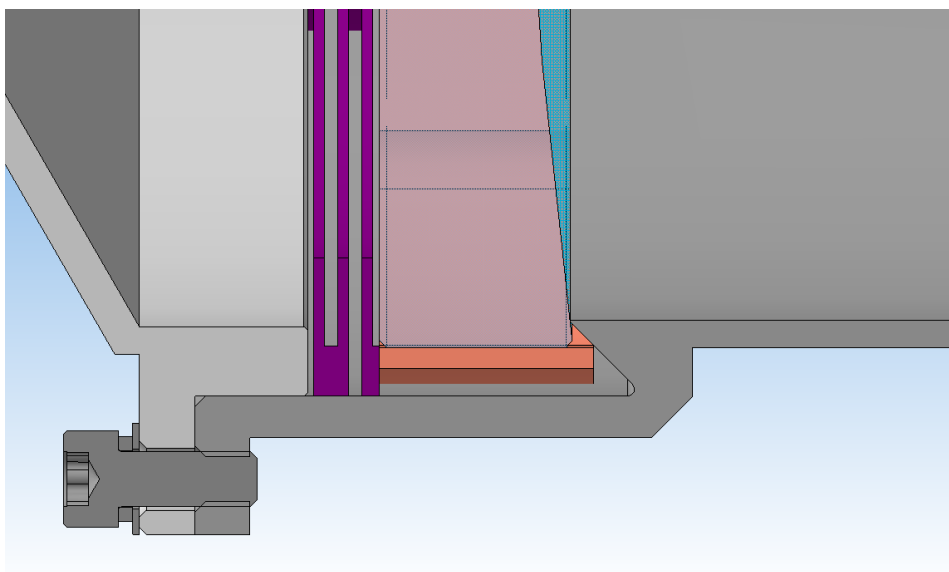


Рис. 6 – Система крепления главного зеркала

Цилиндрическая часть зеркала соединяется с оправой через термокомпенсатор специальной формы, состоящий из двух цилиндрических поверхностей внутренняя прилегающая к стеклу и внешняя к корпусу. Материал изготовления такого кольца был определен нами заранее – бронзовый безоловянный бериллиевый сплав [8, С.35-42] Брб2. Такой сплав имеет хорошие упругие свойства, а также высокую износостойкость. Для равномерного прижатия без перекосов блока зеркало-термокомпенсатор к корпусу используется пружинное кольцо, которое поджимает тремя планками тыльную поверхность зеркала.

Разработка термокомпенсационных колец

Вследствие сильных температурных деформаций, главное и вторичное зеркала нуждаются в термокомпенсаторах. Материалом изготовления таких компенсаторов было решено выбрать сплав Брб2. Далее был произведен расчет термокомпенсатора.

Расчет термокомпенсатора производится на основании зависимости:

$$2 * L_k \alpha_k \Delta t = D_o \alpha_o \Delta t - D_l \alpha_l \Delta t$$

Где L_k - размер компенсатора, D_o - диаметр оправы, D_l - диаметр оптической детали, α – коэффициенты теплового расширения компенсатора, оправы и зеркала соответственно, Δt – изменение температуры.

$$L_k = \frac{D_l(\alpha_o - \alpha_l)}{2(\alpha_k - \alpha_o)} = 4.62 \text{ мм}$$

Из формулы выше, следует, что толщина кольца должна быть не меньше чем 4.62 мм, тем самым мы получаем толщину кольца из Брб2 = 5 мм. Наружный диаметр кольца будет сопрягаться с оправой, а внутренний с цилиндрической поверхностью зеркала. Шейки перегибов являются пружинящими элементами. Они будут упруго деформироваться, для избежания пережатий.

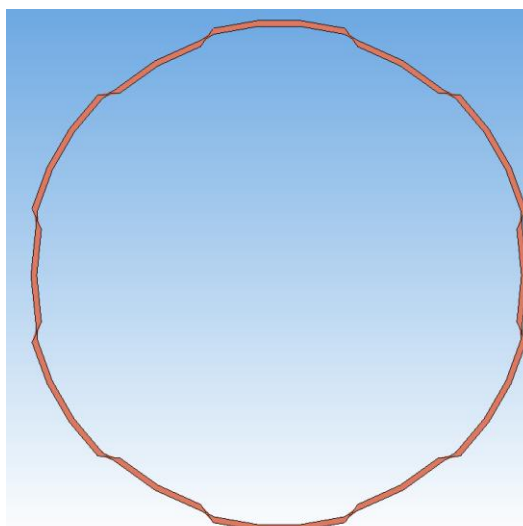


Рис. 7 – Модель термокомпенсатора

Заключение

В ходе работы были рассчитана зеркальная оптическая система Ричи-Кретьена и показаны основные aberrации рассчитанные в системе ZEMAX, возникающие вследствие погрешностей сборки узла и изготовления самих зеркал. Также приведены способы устранения этих погрешностей с помощью специальной системы крепления зеркал на основе термокомпенсаторов, позволяющие не вызвать разрушение зеркал при охлаждении и их разъюстировку.

Список литературы / References

1. Лазерная связь – еще один способ беспроводной связи [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.skomplekt.com/articles/laser_con.htm
2. Что такое атмосферные оптические линии связи [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://laseritc.ru/?id=93>
3. Связь по лазерному лучу [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rostec.ru/news/4514901>
4. Optical terminals for data communication in space [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sps.ch/en/articles/progresses/optical-terminals-for-data-communication-in-space-3/>
5. NASA to demonstrate communications Via Laser Beam [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nasa.gov/topics/technology/features/laser-comm.html>
6. Space laser communication [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://spacelaser.weebly.com/system-overview.html>
7. Латыев С.М. Конструирование точных оптических приборов: учебник / С.М. Латыев // Издательство: ИТМО, 2007 – 153 с.
8. Бурбаев А.М. Оработка технологичности конструкций оптических приборов : учебник / А.М. Бурбаев. – Изд-во – ИТМО, 2009. – С. 35–42.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lazernaja svjaz' - eshhe odin sposob besprovodnoj svjazi [Laser communication – one more method of wireless link] [Electronic resource] – URL: http://www.skomplekt.com/articles/laser_con.html [in Russian]
2. Chto takoe atmosferynye opticheskie linii svjazi [What is atmospheric optical communications] [Electronic resource] – URL: <http://laseritc.ru/?id=93> [in Russian]
3. Svjaz' po lazernomu luchu [Communication via laser beam] [Electronic resource] – URL: <http://rostec.ru/news/4514901> [in Russian]
4. Optical terminals for data communication in space [Electronic resource] – URL: <http://www.sps.ch/en/articles/progresses/optical-terminals-for-data-communication-in-space-3/>
5. NASA to demonstrate communications Via Laser Beam [Electronic resource] – URL: <http://www.nasa.gov/topics/technology/features/laser-comm.html>
6. Space laser communication [Electronic resource] – URL: <http://spacelaser.weebly.com/system-overview.html>
7. Latyev S.M. Konstruirovaniye tochnykh opticheskikh priborov [High accuracy optical instruments design]: manual / S.M. Latyev. – Izdatel'stvo: ITMO, 2007 – 153 p. [in Russian]
8. Burbaev A.M. Otrabotka tehnologichnosti konstrukcij opticheskikh priborov [Workability of optical instruments design]: manual / A.M. Burbaev. – Izd-vo – ITMO, 2009. – P. 35–42. [in Russian]

«Международный научно-исследовательский журнал» включен в систему **OpenAIRE**.

OpenAIRE — европейская поисковая система по академическим материалам открытого доступа. Один из главнейших репозиториев научной информации в Европейском Союзе. Данная база позволяет увеличить цитируемость Ваших материалов в Европе.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.123>Муру Г.Н.¹, Корягин С.И.², Великанов Н.Л.³¹Кандидат технических наук, директор института,²Доктор технических наук, профессор, директор института,³Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Балтийский федеральный университет им. И. Канта

РЕМОНТ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАКЛАДНЫХ ЛИСТОВ**Аннотация**

В настоящее время недостаточно исследованы возможности применения накладных листов при ремонте корпусных конструкций, например, судов. В связи с этим представляют интерес исследования по восстановлению прочности поврежденных элементов корпуса с помощью накладных листов. Применение накладных листов для восстановления прочности и водонепроницаемости изношенных и поврежденных конструкций давно привлекает внимание ученых и практиков. Данная технология имеет ряд преимуществ. Они связаны с отсутствием операции вырезки поврежденного или изношенного участка, возможностью проводить ремонт без вывода объекта из эксплуатации. Особенно хорошо зарекомендовали себя накладные листы в районе прохождения труб.

Ключевые слова: настил, накладной лист, балка, модуль упругости, перемещение, расчетная схема.

Muru G.N.¹, Koryagin S.I.², Velikhanov N.L.³¹PhD in Engineering, Director of the Institute,²PhD in Engineering, Professor, Director of the Institute,³PhD in Engineering, Professor, Head of Department,

Immanuel Kant Baltic Federal University

HULL STRUCTURES REPAIR WITH COVER PLATES**Annotation**

Nowadays the possibility of using cover plates in the repair of hull structures of ships is insufficiently investigated. In this regard the research of restoring the strength of the damaged elements of the hull with cover plates is of interest. The usage of cover plates to restore the strength and waterproofing of worn and damaged structures has attracted the attention of scholars and practitioners for a long time. This technology has several advantages. They are related to the lack of cutting operation of damaged or worn-down area and the ability to carry out repairs without decommissioning. Cover plates in the area of the pipes has proven themselves particularly well.

Keywords: deck, cover plate, beam, elasticity modulus, shift, design model.

Применение накладных листов для восстановления прочности и водонепроницаемости изношенных и поврежденных конструкций давно привлекает внимание ученых и практиков [1], [2]. Данная технология имеет ряд преимуществ. Они связаны с отсутствием операции вырезки поврежденного или изношенного участка, возможностью проводить ремонт без вывода объекта из эксплуатации. Особенно хорошо зарекомендовали себя накладные листы в районе прохождения труб (рис. 1). В этих случаях накладной лист 2 может быть обварен как по внешнему контуру, так и по контуру примыкания к трубопроводу 3.

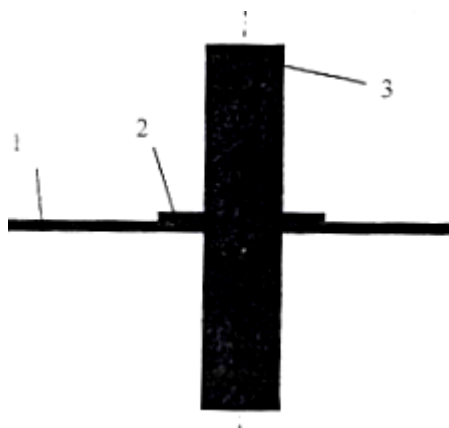
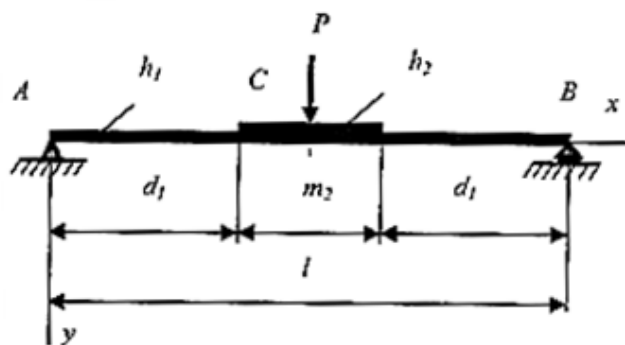


Рис. 1 – Применение накладных листов в районе пересечения настила и трубопровода:

1 – настил, 2 – накладной лист, 3 – трубопровод

Сложнее обстоит дело в том случае, когда накладной лист обваривается только по контуру. Чем больше размеры накладного листа, тем больше вероятность его отрыва. Это связано, прежде всего, с различными перемещениями участков основного настила и участков накладного листа при действии на корпусную конструкцию эксплуатационной нагрузки [1], [2].

В качестве расчетной схемы выберем так называемую балку-полосу (рис. 2). В точках А и В (места примыкания набора к настилу) имеются неподвижная и подвижная шарнирные опоры. Поперечное сечение балки прямоугольное, ширина равна единице, толщина — толщине обшивки h_1 (или накладного листа h_2). Пусть на балку действует сосредоточенная сила P .

Рис. 2 – Расчетная схема совместного изгиба настила (длина l) с накладным листом (длина m_2)

Рассмотрим отдельно изгиб балки АВ (рис. 2) без накладного листа. Перемещения y точек балки в этом случае описывается следующей зависимостью:

$$Ely = \frac{Px}{12} \left(\frac{3}{4} l^2 - x^2 \right), \quad (1)$$

где E – модуль упругости при растяжении (сжатии),

$$I = \frac{h^3}{12}, \quad (2)$$

I — момент инерции полосы прямоугольного сечения шириной, равной единице.

Максимальный прогиб будет в середине пролета АВ точка С:

$$Ely_{\max} = \frac{Pl^3}{48}, \quad (3)$$

При $x = x_1 = d_1$ из зависимости (1) получим

$$E_1 I_1 y_1 = \frac{P d_1}{12} \left(\frac{3}{4} l^2 - d_1^2 \right), \quad (4)$$

или, учитывая (2),

$$E I_1 y_1 = \frac{P l^3}{8 h_1^3} (3d - d^3), \quad (5)$$

где d — относительное расстояние от начала координат (точка А, рис. 2) до накладного листа:

$$d = \frac{d_1}{l} = \frac{2d_1}{l}. \quad (6)$$

При $x_2 = l/2$ из зависимостей (2) и (3) получим:

$$E_1 y_2 = \frac{P l^3}{4 h_1^3}. \quad (7)$$

Из уравнений (5) и (6)

$$y_2 - y_1 = \frac{P l^3}{4 E_1 h_1^3} \left(1 - \frac{3}{2} d + \frac{1}{2} d^3 \right). \quad (8)$$

Рассмотрим отдельно изгиб накладного листа, представив его как балку длиной m_2 и единичной ширины. Ее прогиб в середине пролета описывается зависимостью, аналогичной (3):

$$E_1 I_1 y_1 = \frac{P m_2^3}{48}, \quad (9)$$

или, учитывая (2),

$$y_3 = \frac{P m_2^3}{4 E_2 h_2^3}, \quad (10)$$

Условие совместной деформации (с плотным прилеганием) запишем в виде:

$$y_2 - y_1 = y_3. \quad (11)$$

Из уравнений (8), (10) и (11) получим:

$$\frac{P l^3}{4 E_1 h_1^3} \left(1 - \frac{3}{2} d + \frac{1}{2} d^3 \right) = \frac{P m_2^3}{4 E_2 h_2^3}. \quad (12)$$

Зависимость между линейными размерами имеет вид (рис. 2):

$$m_2 = l - 2d_1 \quad (13)$$

Из уравнений (11) и (12) получим:

$$h = \frac{1-d}{E_{\text{отн}}} \frac{1}{\sqrt[3]{1 - \frac{3}{2}d + \frac{1}{2}d^3}}, \quad (14)$$

где h — относительная толщина накладного листа:

$$h = \frac{h_2}{h_1}; \quad (15)$$

$E_{\text{отн}}$ — относительный модуль упругости при растяжении (сжатии) накладного листа:

$$E_{\text{отн}} = \frac{E_1}{E_2}, \quad (16)$$

E_1, E_2 — модули упругости при растяжении (сжатии) настила и накладного листа.

Графическая зависимость относительной толщины накладного листа h от относительного размера d при действии сосредоточенной силы P при различных $E_{отн}$ изображена на рисунке 3.

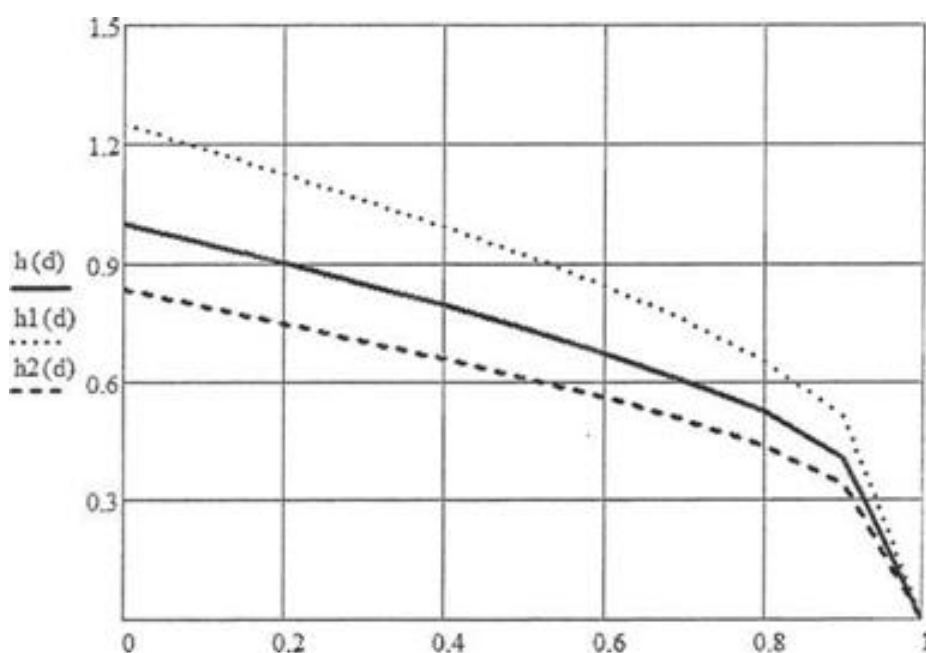


Рис. 3 – Зависимость относительной толщины накладного листа h от относительного размера d при действии сосредоточенной силы P при различных $E_{отн}$: $h(d)$ — $E_{отн} = 1$, $h_1(d)$ — при $E_{отн} = 0,8$, $h_2(d)$ — при $E_{отн} = 1,2$

Рассмотрим случай, когда на балку (рис. 2) действует равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q . Перемещения y точек балки в этом случае описывается следующей зависимостью:

$$Ely = \frac{ql^3x}{24} \left(1 - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right). \quad (17)$$

Максимальный прогиб будет в середине пролета АВ — точка С (см. рис. 2):

$$Ely_{max} = \frac{5ql^4}{348}. \quad (18)$$

При $x = x_1 = d_1$ из уравнений (6) и (17) получим:

$$E_1 I_1 y_1 = \frac{ql^4 d}{48} \left(1 - \frac{1}{2}d^2 + \frac{1}{8}d^3 \right), \quad (19)$$

или, учитывая (2),

$$E_1 y_1 = \frac{ql^4 d}{4h_1^3} \left(1 - \frac{1}{2}d^2 + \frac{1}{8}d^3 \right). \quad (20)$$

При $x_2 = l/2$ из уравнений (2) и (18) следует:

$$E_1 y_2 = \frac{5ql^4}{32h_1^3}. \quad (21)$$

Из уравнений (20) и (21)

$$y_2 - y_1 = \frac{ql^4 d}{4E_1 h_1^3} \left(\frac{5}{8} - d \left(1 - \frac{1}{2}d^2 + \frac{1}{8}d^3 \right) \right). \quad (22)$$

Рассмотрим отдельно изгиб накладного листа, представив его как балку длиной m_2 и единичной ширины. Из зависимостей (2) и (18) ее прогиб в середине пролета (при $x = m_2/2$):

$$E_1 y_3 = \frac{5qm_2^4}{32h_1^3}, \quad (23)$$

Согласно уравнениям (11), (13), (15), (16), (22) и (23),

$$h = \frac{1}{2E_{отн}} \sqrt[3]{\frac{5(1-d)^4}{\frac{5}{8} - d \left(1 - \frac{1}{2}d^2 + \frac{1}{8}d^3 \right)}}. \quad (24)$$

Графическая зависимость относительной толщины накладного листа h от относительного размера d при действии равномерно распределенной нагрузки интенсивность q при ($E_{отн} = 1$) изображена на рисунке 4.

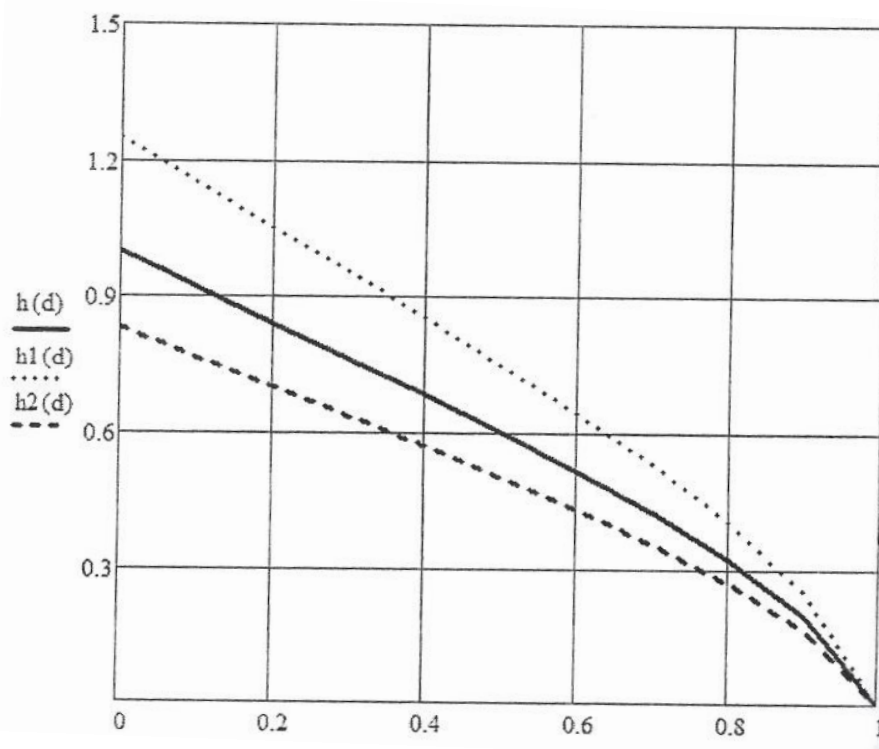


Рис. 4 – Зависимость относительной толщины накладного листа h от относительного размера d при действии равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q при различных $E_{отн}$:
 $h(d)$ — при $E_{отн} = 1$, $h1(d)$ — $E_{отн} = 0,8$, $h2(d)$ — при $E_{отн} = 1,2$

В результате выполненных теоретических, экспериментальных и натурных исследований разработан метод восстановления несущей способности элементов металлических конструкций с применением армированных полимерных покрытий.

Метод восстановления несущей способности, например, корпуса судна осуществляется путем зачистки изношенного участка, разметки, подгонки по месту элементов и установки последних на изношенный участок корпуса. Затем, после подбора элементов, подогнанных для изношенного участка корпуса судна, и закладных заклепок сверлят отверстия под закладные заклепки, заформовывают клеевую композицию в эти отверстия, устанавливают элемент и совмещают его отверстия с просверленными на изношенном участке. После чего вставляют и закрепляют закладные заклепки, а затем запрессовывают в образовавшиеся пустоты между элементами и изношенным участком корпуса судна клеевую композицию.

Предлагаемый метод состоит из следующей последовательности технологических операций:

- удаление с поверхности металла участка ржавчины, старой краски и грязи;
- разметка участка, подлежащего восстановлению;
- заготовка внешнего элемента и закладных заклепок;
- сверление отверстий под закладные заклепки;
- заформовка клеевой композиции в отверстия;
- установка и крепление на изношенном участке корпуса внешнего элемента с помощью закладных заклепок;
- запрессовка клеевой композиции в пустоты между внешним элементом и изношенным участком корпуса;
- зачистка выступающих неровностей и окраска восстановленного участка.

Конкретное осуществление метода на примере ремонта бухтины и установки на настиле палубы восстанавливающего элемента конструкции судна следующее.

В изношенной обшивке сверлят отверстие и заформовывают клеевую композицию. Затем вставляют корпус заклепки, а в нее - закладной пуансон. Ударом по пуансону закрепляют его в корпус заклепки, образуя замыкающую головку закладной заклепки. Затем закрепляют внешний элемент, прикрепляя его к корпусу пуансона. Во внешнем элементе сделано отверстие для запрессовки клеевой композиции. После такой запрессовки в отверстие вставляют резьбовую пробку. После этого производится зачистка неровностей и окраска восстановленного участка корпуса судна.

Ремонт, выполненный на настиле палубы с изоляцией при установке нового или восстановленного элемента корпуса судна, выполняют аналогично с использованием закладных заклепок. Последовательность технологических операций, рассмотренная выше, сохраняется.

Разработанный метод позволяет повысить качество ремонта, сократить сроки ремонта, уменьшить расход материала и снизить трудоемкость ремонтных работ.

Для определения влияния накладного листа (внешнего элемента) на напряженное состояние основного листа (элемента корпуса) были выполнены экспериментальные исследования.

Толщина листов образца 5 мм, ширина 85 мм, длина основного листа 452 мм, длина накладного листа 248 мм. Материал - сталь Ст. 3 и клеевая композиция "Спрут-9М". Для сравнения проведены также экспериментальные исследования образцов без заклепочного соединения. Испытания образцов проводились на изгиб и растяжение.

Результаты испытаний показали, что во всех случаях накладной лист втягивается в работу и частично разгружает основной лист. Заклепка, расположенная в зоне действия наибольших касательных напряжений, обеспечивает большее вовлечение в работу накладного листа.

Была произведена оценка прочности образца без заклепки, которая показала, что разрушение образца (отслоение накладного листа от основного) начиналось при напряжении в основном листе 220 МПа. В образце заклепкой разрушение не наступало при нагрузке, вызывающей напряжение текучести в материале основного листа.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что заклепка решает две задачи: во-первых, работая на срез, снижает напряжения в клеевом соединении и способствует вовлечению в работу накладного листа; во-вторых, в процессе формирования трехслойного композиционного элемента типа металл-покрытие-металл обеспечивает сжатие накладного и основного листов, то есть дает возможность получить клеевой слой минимальной толщины, что увеличивает его прочность жесткость.

Выводы

1. Зависимости относительной толщины накладного листа от его относительного размера (рис. 3, 4) являются нелинейными.
2. С использованием зависимостей (6), (14)—(16) и (24) можно определить толщину и модуль упругости накладного листа.
3. Рассмотрены два случая нагрузки и один случай опирания балки. Однако изложенный в зависимостях (1)—(24) алгоритм может быть применен для других видов нагрузки и случаев опирания балки.
4. Результаты исследований целесообразно использовать в конструкторской практике и при разработке нормативно-технических документов в судоремонте.

Список литературы / References

1. Корягин С.И. Влияние накладного листа на напряженное состояние основного конструктивного элемента // Вестник машиностроения. 1998, №2. С. 16-19.
2. Корягин С.И., Буйлов С.В., Великанов Н.Л. Определение напряжений в основном листе трехслойной конструкции при изгибе и растяжении // Вестник Балтийского Федерального Университета им. И. Канта, 2013, № 11. С. 96-102

Список литературы на английском языке / References in English

1. Koryagin S. I. Vliyanie nakladnogo lista na napryazhennoe sostoyanie osnovnogo konstruktivnogo elementa [Influence of cover plate on the stress state of the main structural element] / S. I. Koryagin // Vestnik mashinostroeniya [Mechanical engineering reporter]. – 1998. – №2. – P. 16-19.
2. Koryagin S. I. Opredelenie napryazhenij v osnovnom liste trehslojnoj konstrukcii pri izgibe i rastyazhenii [Determination of stress in the base plate of three-layer structure under tension and bending] / S. I. Koryagin, S. V. Builov, N. L. Velikanov // Vestnik Baltijskogo Federalnogo Universiteta im. I. Kanta [Immanuel Kant Baltic Federal University Reporter]. – 2013. – № 11. – P. 96-102.



«Международный научно-исследовательский журнал» включен в базу данных **WorldCat**.

WorldCat — крупнейшая в мире библиографическая база данных, насчитывающая свыше 240 млн записей о всех видах произведений на 470 языках мира. База создается совместными усилиями более чем 72 тыс. библиотек из 170 стран мира в рамках организации OCLC.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.028>Надточий Л.А.¹, Абдуллаева М.С.², Кирячева Е.В.³,Габдуллина В.С.⁴, Кузнецова Е.Д.⁵, Предеина А.Л.⁶, Лепешкин А.И.⁷¹ 0000-0002-4678-8177, кандидат технических наук, доцент; ² 0000-0002-3377-1798, магистрант,³ 0000-0002-4250-1060, магистрант, ⁴ магистрант,⁵ 0000-0003-0944-4866, бакалавр; ⁶ 0000-0002-1090-085X, бакалавр,⁷ 0000-0001-9118-1449, магистрант,Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, Университет ИТМО**РАЗРАБОТКА ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА В СОСТАВЕ ПАЙКОВ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РФ****Аннотация**

В данной работе рассмотрен рацион питания военнослужащих, анализ которого показал, что необходимо снизить содержание жиров в рационе и увеличить потребление углеводов. Один из путей оптимизации – включение некоторых видов молочных продуктов. В связи с этим разработан пастообразный творожный продукт для повседневного питания военнослужащих на основе творога мягкого с массовой долей жира 5%; в качестве наполнителей были подобраны такие высокоценные ингредиенты, как: орехи (миндаль, грецкий орех, фундук), натуральный подсластитель стевия, а также «Рекицен-РД» в качестве источника пищевых волокон (ПВ). В ходе проведенных исследований подобрана оптимальная доза вносимого наполнителя и установлено влияние его количества на кислотность и содержание влаги в готовом продукте. Произведена оценка биологической ценности белковой составляющей творожного продукта, которая выявила избыток содержания незаменимых аминокислот в составе разработанной рецептуры. Анализируя органолептические свойства исследуемых образцов установлено, что образец творожного продукта с добавлением 5% измельченных ядер фундука совместно с другими наполнителями обладает наиболее благоприятными органолептическими свойствами.

Ключевые слова: рацион питания; военнослужащие; творожный продукт; органолептические свойства; биологическая ценность; белковая составляющая.

Nadtochii L.A.¹, Abdullaeva M.S.², Kiryacheva E.V.³,Gabdullina V.S.⁴, Kuznetsova E.D.⁵, Predeina A.L.⁶, Lepeshkin A.I.⁷¹0000-0002-4678-8177, PhD in Engineering, associate professor,²0000-0002-3377-1798, Undergraduate student,³0000-0002-4250-1060, Undergraduate student, ⁴Undergraduate student,⁵0000-0003-0944-4866, Bachelor, ⁶0000-0002-1090-085X, Bachelor,⁷0000-0001-9118-1449, Undergraduate student

St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, ITMO University

DEVELOPMENT OF A COTTAGE CHEESE PRODUCT AS A PART OF RATIONS OF THE MILITARY PERSONNEL OF THE RUSSIAN FEDERATION**Abstract**

In this research the diet of the military personnel was analyzed. The analysis shows that it is necessary to reduce the fat content in the diet and increase carbohydrate content. One of the ways of optimization is the inclusion of certain types of dairy products. Therefore, a cottage cheese product for military daily meals was developed on the basis of a soft cottage cheese with a fat content of 5%. As high-value ingredients were chosen nuts (almonds, walnuts, hazelnuts, natural), sweetener stevia and "Rekitsen RD" as a source of dietary fiber (DF). In the course of the research the optimum proportion injected by the builder and established its influence on the amount of acidity and moisture content in the finished product. Biological value of the protein component of the cottage cheese product was evaluated. Excess content of essential amino acids was identified in the composition of the developed product. Analyzing the organoleptic properties of the samples shows that the sample cottage cheese product containing 5% of crushed hazelnut kernels added together with other builders has the most favorable organoleptic properties.

Keywords: food allowance; military; cottage cheese product; organoleptic properties; biological value; proteinaceous component.

Полевое питание является одним из важных направлений организации питания в современной армии. Оно включает в себя сухой паек — суточный комплект из расчета 3-4 разового приема пищи. Энергетическая ценность основных норм продовольствия Российской Армии составляет в среднем 15,0-16,7 МДж (3600-4000 ккал). Для некоторых специальных родов войск энергетическая ценность рационов может быть выше. Количество белков по норме довольствия составляет 110-170 г/сут, жиров — от 80 до 150 г/сут, из которых 10-20 г/сут — растительное масло. Режим питания трехкратный в течение суток: завтрак — 25-30 %, обед — 45-50 %, ужин — 20-30 % суточной энергетической ценности рациона.

После проведения расчетов было выявлено несоответствие энергетической ценности, представленной на упаковке. Военнослужащие, согласно нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации, по физической активности причислены к V группе населения — мужчины, выполняющие особо тяжелую физическую работу. Энергетическая ценность рациона питания мужчины V группы населения в возрасте 18-39 лет должна составлять 3950-4200 ккал. Энергетическая ценность основных норм продовольствия Российской Армии оказалась выше. Рекомендуемое потребление основных макронутриентов (белков - 117 г, жиров - 154 г, углеводов - 586 г) также не соблюдено.

Таким образом, рацион питания военнослужащих должен быть пересмотрен и оптимизирован. Согласно рекомендованным нормам, количество потребляемых жиров должно быть снижено, а количество потребляемых

углеводов, наоборот, увеличено. Последнее возможно при введении в рацион некоторых молочных продуктов. Химический состав и энергетическая ценность рациона питания военнослужащего представлен в таблице 1.

Таблица 1– Химический состав и энергетическая ценность рациона питания военнослужащего

Период приема пищи	Белок, г	Жир, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Завтрак	27,83	58,98	164,09	1278,74
Обед	49,81	55,31	127,99	1187,13
Ужин	35,81	152,68	122,21	2000,53
Итого	113,45	266,97	414,29	4466,4

Создание и включение в рацион питания военнослужащих новых продуктов, отличных по составу – с повышенной биологической ценностью, а также лечебно-профилактического назначения с целью повышения защитной функции организма.

Целью данного исследования явилась разработка рецептуры и технологии творожного продукта с растительными компонентами для оптимизации повседневного рациона питания военнослужащих.

Творог – традиционный белковый кисломолочный продукт, состоящий из концентрата молочного белка и некоторых других составных частей молока; обладает высокими пищевыми и лечебно-диетическими свойствами благодаря своему аминокислотному составу [5, 6].

Не менее важным продуктом питания являются орехи, ядра которых содержат большое количество витаминов и минеральных солей. Наряду с высоким содержанием калия, орехи богаты марганцем и фосфором, поддерживающих нормальную работу мозга и сердца. В них также содержится сера, медь, цинк, йод, селен и молибден, благотворно влияющие на иммунную систему организма и устойчивость к радиации. В качестве наиболее высокоценных по химическому составу и популярных среди населения выбран вид орехов – фундук [4].

У современного человека при потреблении пищевых волокон (ПВ) в количестве менее 20 г/сут возникает риск возникновения интоксикации, дисбактериоза, нарушаются функции иммунной системы, а также возможно нарушение работы женских и мужских гормонов, что приводит к онкологическим патологиям. Альтернативным источником ПВ является биологическая добавка "Рекицен-РД" — продукт ферментации пшеничных отрубей с помощью винных дрожжей, включающих ферментированные растворимые и нерастворимые ПВ, йод, витамины группы В и другие вещества, формирующиеся в процессе микробной ферментации [8].

В наше время почти во всем мире используют в качестве сахарозаменителя листья стевии (*Stewia Rebaudiana Bertoni*). В ней содержатся 17 видов аминокислот, флавоноиды, хлорофиллы, витамины и микроэлементы. Продукты, приготовленные с применением стевии, благотворно влияют на многие функции организма.

Соответственно, перечисленные выше компоненты явились объектами исследования ввиду их обоснованной пищевой ценности:

- творог мягкий «Данон», с массовой долей жира 5%, ТУ 922-048-48779702;
- ядра орехов фундука, ГОСТ 16835-81;
- стевиозид, СанПиН 2.3.2.1078-01. ГОСТ Р 51074-2003;
- «Рекицен-РД» ТУ 9295-003-05344371-2005-№1.

Исследование проводилось на кафедре прикладной биотехнологии Университета ИТМО под руководством к.т.н., доцента Надточий Л. А. с целью разработки состава и технологии творожного продукта оптимального состава и высокой пищевой ценности для потребления в повседневном рационе военнослужащих. Посредством пищевой комбинаторики производился подбор соотношений ингредиентов и приготовление исследуемых образцов из расчета: 100 г творога (контрольный образец) смешали с 5 г пищевых волокон, 0,5 г стевиозида, 1,5 г пектина и измельченный фундук в количестве 2,5 г (2,5%); 5 г (5%); 7,5 г (7,5%), в частности:

- образец 1 (контроль) – мягкий творог;
- образец 2 – мягкий творог с добавлением орехов 2,5%;
- образец 3 – мягкий творог с добавлением орехов 5%;
- образец 4 – мягкий творог с добавлением орехов 7,5%.

Определяли значение титруемой кислотности в исследуемых образцах в зависимости от увеличения содержания наполнителя: в образце 1 — $210,0 \pm 0,1$ °Т, в образце 2 — $209,7 \pm 1,3$ °Т, в образце 3 — $209,2 \pm 1,3$ °Т, в образце 4 — $208,8 \pm 0,7$ °Т. Следовательно, с увеличением дозы вносимого компонента в исследуемые образцы наблюдается снижение кислотности [3].

Во всех образцах определяли массовую долю влаги и СВ [1]. Исследуемые показатели в зависимости от количества наполнителя в образцах представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание влаги и СВ в исследуемых образцах

№ Образца	Содержания влаги, %	СВ, %
1	$76,39 \pm 1,76$	$23,61 \pm 1,76$
2	$70,65 \pm 0,25$	$29,35 \pm 0,25$
3	$68,66 \pm 0,32$	$31,44 \pm 0,32$
4	$67,21 \pm 0,22$	$32,79 \pm 0,22$

Также была произведена органолептическая оценка полученных образцов 1-4 [2]. В таблице 3 представлены результаты оценивания образцов группой дегустаторов по 5-ти балльной шкале.

Таблица 3 – Балльная оценка исследуемых образцов

Образец	Вкус	Запах	Цвет	Консистенция и внешний вид
1	2,86	3,28	3,85	3,00
2	3,71	4,14	3,43	3,14
3	4,00	4,71	4,14	3,57
4	3,57	4,14	3,00	2,86

По итогам дегустации выявлено, что лучшими органолептическими свойствами обладает образец №3 с массовой долей сухого компонента 5%. В дальнейшем исследовании оценивали образец 3 в сравнении с традиционным творогом.

Сравнительный расчет биологической ценности белковой составляющей продуктов представлен в таблице 4. В результате расчета наблюдается избыток содержания незаменимых аминокислот, лимитирующие незаменимые аминокислоты отсутствуют, что говорит о сравнительно высокой биологической ценности белковой составляющей продуктов [7].

Таблица 4 – Расчет биологической ценности белковой составляющей продукта

НАК	ФАО ВОЗ 2007г, г/100г белка	Творог традиционный		Разработанный творожный продукт (образец 3)	
		г/100г белка	Ак скор, %	г/100г белка	Ак скор, %
Гистидин	1,50	3,11	207,00	3,08	205,00
Изолейцин	3,00	5,56	185,00	5,46	182,00
Лейцин	5,90	10,28	174,00	10,11	171,00
Лизин	4,50	8,05	179,00	7,77	173,00
Метионин + цистин	2,20	2,67	121,00	2,66	121,00
Фенилаланин+ тирозин	3,80	5,17	136,00	5,18	136,00
Треонин	2,30	4,44	193,00	4,34	189,00
Триптофан	0,60	1,00	167,00	1,01	167,00
Валин	3,90	5,50	141,00	5,47	140,00

Таким образом, в настоящем исследовании произведен анализ существующего рациона питания военнослужащих, в ходе которого выявлено, что данный рацион нуждается в корректировке химического состава. С целью оптимизации рациона питания военных разработан пастообразный творожный продукт с добавлением растительных компонентов и доказана его относительно высокая биологическая ценность белковой составляющей.

Список литературы / References

- ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. - Введен 1974-07-01. – М.: Стандартинформ, 2009. - С. 1-3
- ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 3. Руководство по оценке соответствия техническим условиям на продукцию для определения органолептических свойств путем подсчета баллов. - Введен 2011-06-01. – М.: Стандартинформ, 2012. - С. 3-5
- ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. - Введен 1994-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. - С. 1-3
- Скурихин И.М., Нестерин М.Ф. Химический состав пищевых продуктов: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов.- М.: «Пищевая промышленность», 1978. - 240 с.
- Евстигнеева Т.Н., Забодалова Л.А., Брусенцев А.А., Основные принципы переработки сырья растительного, животного, микробиологического происхождения и рыбы. Учебное пособие. –СПб.:СПбГУНиПТ, 2010. – 369 с.
- Евстигнеева Т.Н., Кудрявцева Т.А. Технология сметаны и творога: Метод. указания к лабораторным работам по курсу «Технология молока и молочных продуктов» для студентов всех форм обучения специальности 260303 и бакалавров направления 260100. – СПб.:СПбГУНиПТ, 2008. – 35 с.
- Забодалова Л.А., Надточий Л.А., Орехова Ю.А. Проектирование состава многокомпонентных пищевых продуктов. Ч.1: МУ к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование комбинированных продуктов питания» для студентов спец. 240902.-СПб.:СПбГУНиПТ, 2007.- 20 с.
- Кузнецов В.Ф., Кулемин Л.М., Кузнецов С.В. Ферментированные пищевые волокна в патологии человека// Вятский медицинский вестник – 2006 - №2 – 144 с.

Список литературы на английском языке / References in English

- GOST 3626-73 Moloko i molochnie produkti. Metodi opredeleniya vlagi i suhogo veschestva [Milk and milk products. Methods for determination of moisture and dry substance]. – Entered 1974-07-01. – М.: Standartinform, 2009. – P. 1-3 [in Russian]

2. GOST R ISO 22935-3-2011 Moloko i molochnye produkti. Organolepticheskiy analiz. Chast 3. Rukovodstvo po ocenke sootvetstviya tehnikeskim usloviyam na produkciiu dlya opredeleniya organolepticheskikh svoystv putem podscheta ballov [Milk and milk products. Sensory analysis. Part 3. Guidance on a method for evaluation of compliance with product specifications for sensory properties by scoring]. – Entered 2011-06-01. – М.: Standartinform, 2012. – P. 3-5 [in Russian]
3. GOST 3624-92 Moloko i molochnye produkti. Titrimetricheskie metody opredeleniya kislotnosti [Milk and milk products. Titrimetric methods of acidity determination]. – Entered 1994-01-01. – М.: Standartinform, 2009. – P. 1-3 [in Russian]
4. Skurihin I.M., Nesterin M.F. Himicheskii sostav pischevikh produktov: Spravochnie tablitsi soderzaniya aminokislot, jirnih kislot, vitaminov, makro- i mikroelementov, organicheskikh kislot i uglevodov [The chemical composition of food: Reference table of amino acids, fatty acids, vitamins, macro- and microelements, organic acids and carbohydrates]. - М.: "Pischevaya promyshlennost" ["Food Industry"], 1978. - 240 p. [in Russian]
5. Evstigneeva T.N., Zabodalova L.A., Brusentsev A.A. Osnovnie principy pererabotki sirya rastitel'nogo_ jivotnogo_ mikrobiologicheskogo proishozhdeniya i ribi [Basic Principles for the processing of plant, animal feed, microbial origin and fish]. – Education guidance – SPb.: SPbGUNiPT [Training manual], 2010. - 369 p. [in Russian]
6. Evstigneeva T.N., Kudryavceva T.A. Tehnologiya smetan i tvoroga. Metod. ukazania k laboratornum rabotam po kursy "Tehnologia moloka i molochnuh prodyktov" dlya studentov vseh form obycheniya specialnosti 260303 i bakalavrov napravleniya 260100 [The technology of sour cream and cottage cheese. Methodological instructions to laboratory works for the course "milk and dairy products technology" for students of all forms of training specialty 260303 and 260100. bachelors direction]. – SPb.: SPbGUNiPT, 2008. - 35 p. [in Russian]
7. Zabodalova L.A., Nadtochii L.A., Orekhova J.A. Proektirovanie sostava mnogokomponentnih pischevikh produktov. Chast 1 Metod. ukazania k prakticheskim zanyatiyam po discipline «Proektirovanie kombinirovannih produktov pitaniya» dlya studentov specialnostei. 240902 [Design of multicomponent foods. Part 1. Methodological instructions for practical training on discipline "Designing composite foods" for special students. 240902]. – SPb.: SPbGUNiPT, 2007. - 20 p. [in Russian]
8. Kuznetsov V.F., Kulemin L.M., Kuznetsov S.V. Fermentirovanie pischevie volokna v patologii cheloveka [Fermented dietary fiber in human pathology] // Vyatskii medicinskii vestnik [Vyatka Medical Bulletin]. - 2006 - №2 – 144 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.131>

Пономарев К.С.¹, Фефанов А.Н.², Гришина Т.Г.³

¹ORCID: 0000-0002-1516-9867, Бакалавр метрологии и стандартизации,

²ORCID: 0000-0003-4761-0538, Доктор технических наук, профессор,

³ORCID 0000-0003-4668-4041, Доктор технических наук,

Московский Государственный Технический Университет «СТАНКИН»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Аннотация

В статье приведена современная классификация электроизмерительных приборов, применяемых в научной, производственной, конструкторско-технологической сфере промышленности РФ. Указаны основные причины выхода из строя электроизмерительных приборов. Рассмотрен вопрос о непрерывном повышении квалификации персонала ремонтных лабораторий. Определены меры по снижению вероятности выхода прибора из строя вследствие использования некачественных запасных частей. Приведена методика подбора фирмы, которой могут быть делегированы полномочия по ремонту приборов.

Ключевые слова: электроизмерительный прибор, ремонт, ремонтная лаборатория, запасные части, персонал.

Ponomarev K.S.¹, Feofanov A.N.², Grishina T.G.³

¹ORCID: 0000-0002-1516-9867, Bachelor of metrology and standardization,

²ORCID: 0000-0003-4761-0538, PhD in Engineering, professor,

³ORCID: 0000-0003-4668-4041, PhD in Engineering,

Moscow State University of «STANKIN»

IMPROVING REPAIR EFFICIENCY OF ELECTRIC DEVICES

Abstract

The paper presents a modern classification of electrical measuring instruments used in the science, industry, design and technology fields of the Russian Federation. The main reasons of failures of electrical measuring instruments are defined. The issue of continuous improvement of the personnel qualification of repair laboratories is considered as well. The measures to reduce the probability of device failure due to the use of poor-quality spare parts are identified. The author provides the method of selection of a company to which the authority can delegate the repair appliances.

Keywords: electrical measuring instrument, repair, repair laboratory, spare parts, personnel.

На сегодняшний день все возрастающий уровень научно-технического оснащения производственной среды, растущая конкуренция на рынке, постоянно повышающиеся ожидания потребителя вынуждают производителей продукции непрерывно совершенствовать производственные процессы. К методам их усовершенствования можно отнести применение инновационных методик производства продукции, внедрение систем комплексного управления производственным циклом (например, системы автоматизации контроля распределения и поставок сырья и ресурсов), обновление парка основных средств производства и др.

В этой связи, все большую роль в современном производственном процессе играет надежность таких его составляющих, как станочное оборудование, системы обеспечения функционирования, а также аппаратура контроля характеристик процесса, в частности, электроизмерительные приборы. На данный момент такие приборы нашли свое применение практически во всех организациях, так или иначе задействованных в сфере производства. При выходе электроизмерительного оборудования из строя необходимо осуществление его ремонта. После проведения ремонтных операций оборудование должно обеспечивать свое функционирование с заявленными техническими и метрологическими характеристиками. Кроме того, ремонт не должен негативно повлиять на показатели долговечности работы как всего прибора в целом, так и тех его элементов, которые не подвергались воздействию. Действительно, в условиях постоянного усложнения технологических операций, острой борьбы за временные и материальные ресурсы, возрастающей взаимозависимости этапов производства продукции ненадлежащая надежность (и, как следствие, частый выход из строя) электроизмерительной аппаратуры может привести к серьезным финансовым и репутационным потерям. Поэтому, особое внимание следует уделять обеспечению качества ремонта электроизмерительных приборов.

В настоящее время, наиболее распространенными типами электроизмерительных приборов в сфере машиностроительного производства являются

- амперметры;
- вольтметры;
- омметры;
- мультиметры;
- осциллографы;
- частотомеры;
- измерители емкости и индуктивности;
- и др.

Приведенные примеры приборов являются электроизмерительными. Электроизмерительный прибор является сложным устройством. В принцип его функционирования заложены взаимодействия множества составных элементов. Для должного функционирования прибора необходимо, чтобы все эти составные элементы реагировали слаженно. Однако, вследствие различных влияющих факторов, таких как неправильное хранение, неверные условия эксплуатации, ошибки персонала при работе с приборами, превышение значения наработки на отказ прибор может выйти из строя. Так как в общем электроизмерительные приборы разных типов состоят из унифицированных элементов, можно отметить, что основными причинами потери работоспособности могут являться:

- неисправность предохранителей;
- поломка аналого-цифрового преобразователя;
- неисправности аналогового стабилизатора;
- неисправности цифрового стабилизатора;
- неисправности входных преобразователей;
- и др.

При любой из вышеперечисленных причин необходимо произвести ремонтные работы.

Однако, и в тех случаях, когда прибор функционирует исправно, ремонт бывает необходим. Это может быть связано с требованиями производителя (сроки ремонта регламентированы в нормативных документах) или с требованиями внутренних стандартов отрасли или предприятия.

Типичная последовательность действий при поступлении прибора в ремонтную лабораторию, приведена на рис. 1.

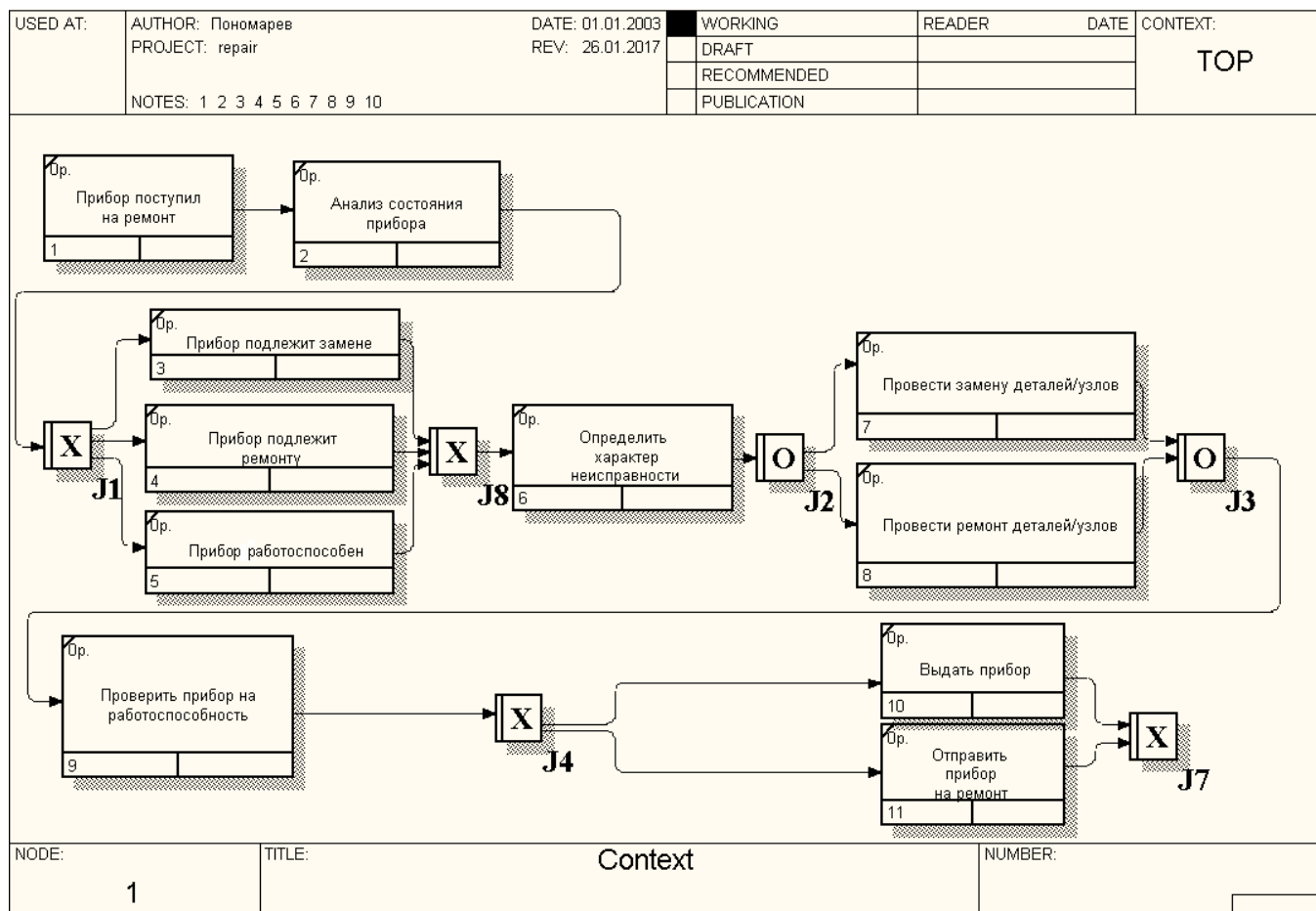


Рис. 1 – SADT-диаграмма последовательности действий при поступлении прибора в ремонтную лабораторию, представленная в виде

В условиях современного производственного цикла предприятия машиностроительной сферы важным фактором является интенсификация различных процессов [1]. Данное утверждение справедливо и для ремонтной деятельности. При выходе оборудования в условиях дефицита в организации приборов конкретного типа из строя, а так же при поломке прибора, входящего в определенную контрольно-измерительную совокупность средств контроля критичным является возможно быстрое проведение ремонтных работ.

В этой связи повышение эффективности ремонта приборов является важным фактором для любого промышленного предприятия. Одним из немаловажных аспектов обеспечения эффективности ремонта является непрерывное повышение квалификации персонала по ремонту и обслуживанию электроизмерительных приборов.

Персонал должен проходить повышение квалификации не реже одного раза в пять лет. Однако, целесообразным видится сокращение этого промежутка до трех – четырех лет в целях повышения оперативности обеспечения уровня подготовки ремонтного персонала предприятия. Повышение квалификации должно проводиться в специализированных организациях, обладающих необходимыми сертификационными документами, подтверждающими их аккредитацию на право проведения обучения. При проведении такого обучения должны быть рассмотрены следующие аспекты:

- определение электроэнергетических параметров электрических машин и аппаратов электрических устройств и систем;
- методики подбора технологического оборудования для ремонта и эксплуатации электрических машин и аппаратов, электротехнических устройств и систем, определение оптимальных вариантов его использования;
- организация и наладка, регулировка и проверка электрического и электромеханического оборудования;
- проведение анализа неисправностей электрооборудования;
- эффективность использования материалов и оборудования;
- маршрутно-технологическая документация на эксплуатацию и обслуживание отраслевого электрического и электромеханического оборудования;
- осуществление технического контроля при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования;
- производство диагностики оборудования и определение его ресурсов;
- рассмотрение и анализ методов ремонта различных типов электроприборов;
- усовершенствование методов ремонта и технического обслуживания электроприборов.

Проводить обучение должен специалист, обладающий категорией или степенью выше, чем ту, на которую он проводит обучение.

По окончании обучения, на основе проверки полученных знаний, персоналу выдается сертификат о прохождении курсов повышения квалификации или присваивается определенная степень или категория.

Конечно, необходимо так же проводить периодическую проверку знаний персонала на право выполнения ремонтных работ. Для этого создается комиссия. Проверку можно проводить на предприятии, если выполнены ряд условий:

- председатель комиссии должен иметь группу по электробезопасности V у потребителей с электроустановками напряжением до и выше 1000 В и группу IV у потребителей с электроустановками напряжением только до 1000 В;
- председатель и не менее двух членов комиссии прошли проверку знаний в комиссии органов госэнергонадзора;
- при проведении процедуры проверки знаний должно присутствовать не менее трех членов комиссии, в том числе обязательно председатель (заместитель председателя) комиссии.

В противном случае, проверка знаний персонала проводится в комиссиях органов госэнергонадзора.

Повышение квалификации ремонтного персонала положительно скажется на качестве выполняемых им работ и благоприятно повлияет на эффективность ремонта электроизмерительных приборов.

К тому же, для обеспечения качества ремонта необходимо использовать качественную элементную базу запасных частей [2]. Действительно, некачественные запчасти могут стать причиной быстрого выхода прибора из строя. И после этого необходим повторный ремонт прибора, приводящий к материальным, временным и экономическим затратам.

Для того чтобы по возможности минимизировать вероятность использования некачественных запасных деталей, рекомендуется:

- вести собственную статистику выхода приборов из строя вследствие отказа замененной части;
- использовать только оригинальные запасные части конкретного прибора;
- производить закупку запасных частей только у проверенных дилеров (в том числе, и на основании собственной статистики);
- обеспечивать хранение запасных частей в соответствии с установленными производителями требованиями;
- следить за сроком хранения запасных частей и проводить оптимизацию номенклатуры хранящихся запасных частей.

Данные мероприятия помогут свести к минимуму поломки приборов, причиной которых стали запасные части недолжного уровня качества.

Так же, при проведении ремонта электроизмерительных приборов большое внимание уделяется ремонтной лаборатории, в частности, к индивидуальному рабочему месту мастера по ремонту приборов [3]. Лаборатория должна удовлетворять требованиям, устанавливаемым в международных и/или отраслевых нормативно – правовых актах и внутренних стандартах организации.

В случае, если на предприятии отсутствуют необходимые условия для проведения ремонта приборов, сотрудники не обладают необходимой степенью компетенции или отсутствует возможность закупки запасных частей необходимого уровня качества, решением вопроса ремонта приборов может стать аутсорсинг – передача функций и обязанностей по одному из процессов организации (по ремонту приборов) сторонней организации с заключением необходимых нормативно-правовых актов (договоров).

Для того чтобы грамотно подойти к выбору сторонней организации, необходимо провести анализ возможных альтернатив. В основном, анализ сводится к экспертной оценке возможных вариантов с последующим выбором оптимального варианта. Обобщенное мнение группы экспертов принимается как решение проблемы. На основе высказанных оценок экспертов вычисляются приоритеты с помощью метода анализа иерархий.

Метод анализа иерархий был предложен американским математиком Томасом Саати. Метод является одним из самых эффективных и перспективных методов экспертизы и принятия решений. В этом методе реализованы идеи парного сравнения и формирование оценочного решения на основе аналитики. К тому же, необходимо отметить, что несомненным преимуществом такого метода является то, что он позволяет производить оценку и анализ сложных иерархических структур.

Анализ иерархий при выполнении экспертизы фирм, готовых принять на себе обязательства по ремонту приборов, в общем виде состоит из следующих этапов:

- 1) представление анализируемой задачи в виде иерархии элементов, в которой нижний уровень будет представлять альтернативы (фирмы), промежуточный уровень занимают эксперты, а верхний уровень представлен целью (выбором наиболее подходящей фирмы);
- 2) парные сравнения в целях нахождения количественной оценки степени влияния элементов каждого уровня иерархии на каждый элемент соседнего с ним уровня иерархии;
- 3) получение приоритетов, характеризующих количественно степень влияния альтернатив на цель.

В методе анализа иерархий элементы задачи экспертизы сравниваются попарно по отношению к их воздействию на общую для них характеристику, как показано в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица сравнения элементов задачи экспертизы

Критерий сравнения	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
...
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

Количественные суждения о парах элементов представляются матрицей A размера $n \times n$.

При этом:

- если $a_{ij} = \alpha$, то $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$, $\alpha \neq 0$;
- если оценочное суждение эксперта такого, что A_i имеет одинаковую относительную важность с A_j , то $a_{ij} = a_{ji} = 1$;
- элементы $a_{ii} = 1$ для всех i .

Таким образом, матрица парных сравнений A имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

После получения количественных суждений о парах (A_i, A_j) и их интерпретации в числовом выражении через a_{ij} необходимо поставить элементам A_1, A_2, \dots, A_n в соответствие множество числовых весов w_1, w_2, \dots, w_n , характеризующие зафиксированные суждения.

Вследствие этого, матрица будет иметь вид:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

Матрица A – обратносимметричная, так как $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$.

Если w_1, w_2, \dots, w_n неизвестны заранее, то парные сравнения элементов осуществляются с помощью субъективных суждений экспертов численно оцениваемых по определенной шкале, приведенной в таблице 2. И, в таком случае, субъективные оценки экспертов a_{ij} будут отличаться от "идеальных" отношений w_i/w_j .

Тогда собственные значения и векторы будут определяться из следующего уравнения:

$$Aw = w\lambda_{max}$$

где λ_{max} - наибольшее собственное значение несогласованной матрицы A ;

w - собственный вектор, соответствующий этому собственному значению.

Числовые веса w_i, w_j будут связаны соотношением:

$$w_i = \frac{1}{\lambda_{max}} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j,$$

где $i = 1, 2, \dots, n$

Отметим, что в таблице сравниваются элементы, стоящие слева в столбце с элементами наверху (в строке). То есть, если элемент в столбце (слева) важнее, чем элемент в строке (наверху), то в ячейке таблицы, являющийся их перекрестием, заносится положительное целое число. Если это не так, то ставится дробное число. Кроме того, относительная важность элемента относительно самого себя равна 1 (вследствие этого по диагонали таблицы проставляются только единицы). К тому же, обратными величинами заполняются симметричные относительно диагонали клетки.

Таблица 2, на основании которой эксперты выносят свои суждения относительно значимости влияющих факторов, представлена ниже.

Таблица 2 – Характеристики сравнения элементов (критериев)

Числовое значение	Характеристика	Объяснение
1	Одинаковая значимость	Два элемента вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного элемента над другим	Опыт и суждение дают легкое предпочтение одному критерию перед другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному критерию перед другим
7	Очевидное превосходство	Предпочтение одного критерия перед другим очевидно
9	Абсолютное превосходство	Свидетельство в пользу предпочтения одного критерия другому не подлежит опровержению
2,4,6,8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение
Обратные величины приведенных выше чисел	Если критерию i при сравнении с другим критерием j приписывается одно из приведенных выше чисел, то критерию j при сравнении с критерием i приписывается обратное значение	

Имеется несколько причин для установления верхнего предела шкалы, равного 9.

Качественные различия значимы на практике и обладают элементом точности, когда величина сравниваемых предметов одного порядка или предметы близки относительно свойства, использованного для сравнения. Способность человека производить качественные разграничения хорошо представлена пятью определениями: равный, слабый, сильный, очень сильный и абсолютный. Можно принять компромиссные определения между соседними определениями, когда нужна большая точность. В целом, потребуется девять значений, и они могут быть хорошо согласованы. Получаемая в результате шкала подтверждается практикой.

Проведение парных сравнений начинается с сопоставления относительной важности критериев на втором уровне иерархии (относительно общей цели – первого уровня иерархии). Затем строится группа матриц для парного сравнения каждого критерия следующего уровня иерархии по отношению к критериям на текущем уровне иерархии. На последнем уровне иерархии происходит построение матриц парных сравнений для сопоставления относительной важности вариантов к каждому из критериев предпоследнего уровня иерархии.

Приведем пример применения описываемого метода для проблемы выбора одной из фирм, занимающихся ремонтом электроизмерительных приборов.

Структура иерархической взаимосвязи элементов приведена на рис. 2.

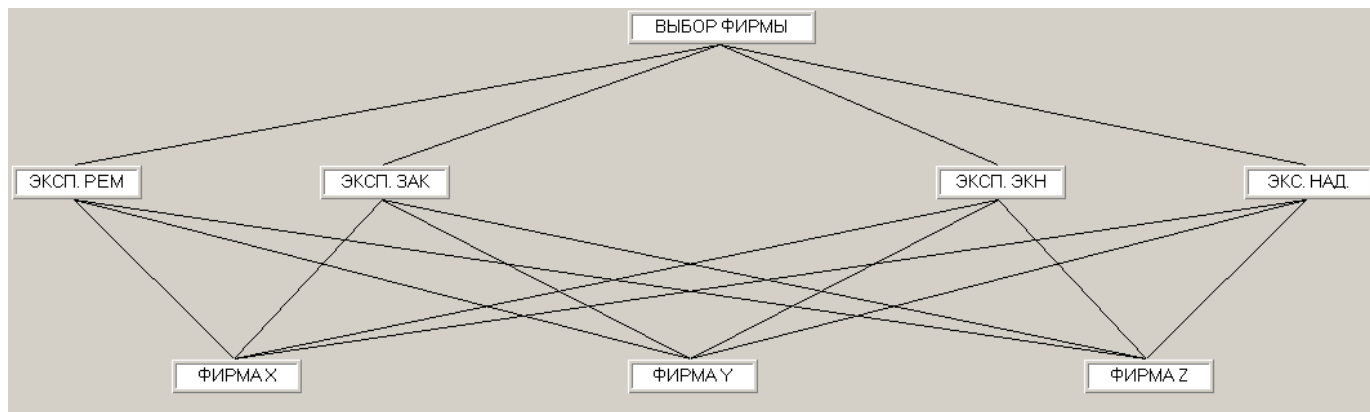


Рис. 2 – Структура иерархической взаимосвязи элементов

На верхнем уровне диаграммы представлен элемент, характеризующий выбор оптимальной фирмы, на среднем уровне - мнение экспертов (где эксп. рем - эксперт ремонтной лаборатории; эксп. зак - эксперт отдела закупок; эксп. экн - эксперт отдела экономики и финансов; эксп. над. - эксперт отдела надежности), нижний уровень представлен фирмами - конкурентами.

На рис. 3 представлена матрица оценок фирм-конкурентов экспертом ремонтной лаборатории.

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта

ЭКСП. РЕМ

		1.	2.	3.	Приоритет
1.	ФИРМА X	1	5	2	0,6098
2.	ФИРМА Y	1/5	1	1	0,1655
3.	ФИРМА Z	1/2	1	1	0,2246

СЗ: 3,094
ИС: 0,047
ОС: 0,081

Применить
Закреть
Отмена

Исследовать

Рис. 3 – Матрица оценок фирм-конкурентов экспертом ремонтной лаборатории

Таким образом, на основании полученного анализа и коррелированной оценки экспертов (визуализация которой представлена на рис. 4), было выявлено преимущество фирмы "ФИРМА X" перед другими фирмами. Соответственно, из всех альтернатив рекомендуется заключить контракт именно с данной организацией.

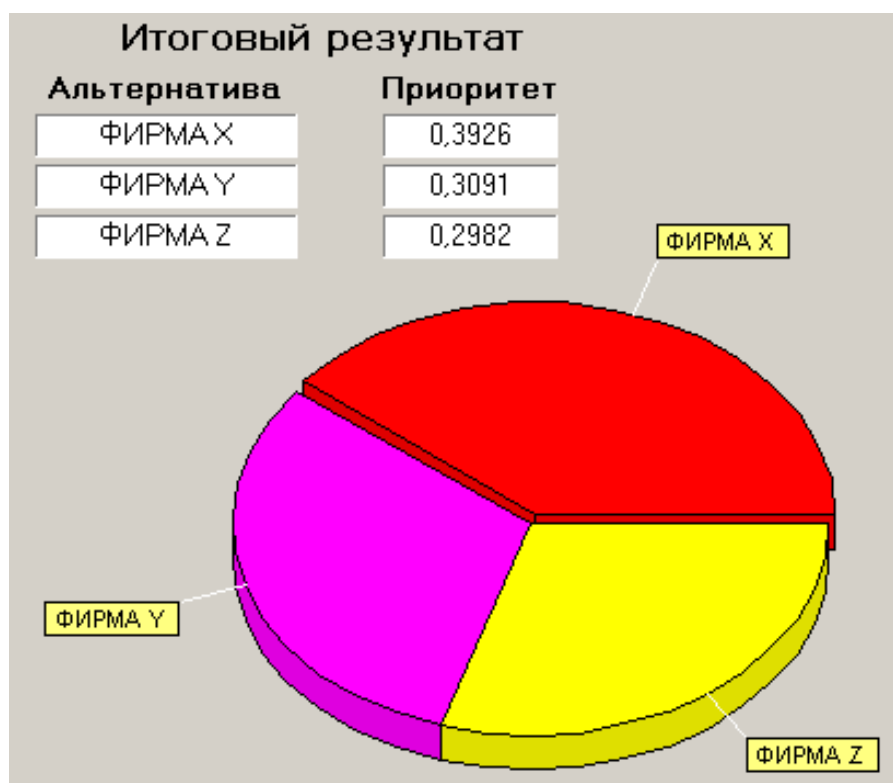


Рис. 4 – Диаграмма коррелированной оценки экспертов

В условиях машиностроительного производства наблюдается все более широкое применение электроизмерительных приборов. Причинами их выхода из строя являются такие факторы как:

- неправильное хранение;
- неверные условия эксплуатации;
- превышение значения наработки на отказ;
- неправильные методы эксплуатации;
- и др.

Для того, чтобы восстановить работоспособное состояние прибора, необходимо провести его ремонт. Функции реализации операций такого рода на предприятии возложены на ремонтные лаборатории.

Для эффективного выполнения своих функций ремонтные лаборатории должны соответствовать современным требованиям машиностроительных производств. Необходимо отметить важность повышения квалификации работников ремонтных лабораторий. Кроме того, важно уделять особое внимание соответствию лабораторий нормативным требованиям, установленным в государственных регламентах. При отсутствии возможности выполнения представленных выше положений рациональным видится передача полномочий по ремонту электроизмерительных приборов в сторонние организации.

Список литературы / References

1. Феофанов А.Н., Митрофанов В. Г., Гришина Т.Г. Управление автоматизированными технологическими системами и моделирование оперативности при принятии решений / Феофанов А.Н., Митрофанов В. Г., Гришина Т.Г. // М.: Ж. Технология машиностроения №8 (158) – 2015 – стр. 43–46.
2. Феофанов А.Н., Еленева Ю.Я., Гришина Т.Г., Шхиртладзе А.Г., Негримовская Н.П. Участие в организации производственной деятельности структурного подразделения предприятий машиностроения / Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования [А.Н. Феофанов и др.] – М.: издательский центр «Академия» – 2015. – 144 с.
3. Шабалин С.А. Ремонт электроизмерительных приборов / С.А. Шабалин // Справочная книга метролога. М.: Изд-во стандартов – 1989. – Москва – С. 18–19.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Feofanov A.N., Mitrofanov V. G., Grishina T.G. Upravlenie avtomatizirovannymi tehnologicheskimi sistemami i modelirovanie operativnosti pri prinjatii reshenij [Management of automated process systems and modeling of efficiency in decision-making] / Feofanov A.N., Mitrofanov V. G., Grishina T.G. // М.: Zh. Tehnologija mashinostroenija №8 (158) – 2015 – p. 43–46 [in Russian]
2. Feofanov A.N., Eleneva Ju.Ja., Grishina T.G., Shirladze A.G., Negrimovskaja N.P. Uchastie v organizacii proizvodstvennoj dejatel'nosti strukturnogo podrazdelenija predpriyatij mashinostroenija [Participation in the organization of the production activity of the department of mechanical engineering enterprises] / Uchebnik dlja studentov uchrezhdenij srednego professional'nogo obrazovaniya [A.N. Feofanov i dr.] [A textbook for students of secondary vocational education institutions [A.N. Feofanov and others.]] – М.: - izdatel'skij centr «Akademija» – 2015. – 144 p. [in Russian]
3. Shabalin S.A. Remont jeleketroizmeritel'nyh priborov [Repair of electrical appliances] / S.A. Shabalin// Spravochnaja kniga metrologa [reference book of specialist in metrology sphere] – М.: Izd-vo standartov, 1989. – P. 18 - 19 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.094>

Романова Н.А.¹, Хрёкин А.С.², Леонтьев В.С.³

¹ORCID 0000-0003-3147-4420, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский Горный университет,

²студент, Санкт-Петербургский Горный университет,

³кандидат технических наук, доцент, ООО «ИнТАРекС», Санкт-Петербургский Горный университет

ВЫДЕЛЕНИЕ НАФТАЛИНА ИЗ ОСТАТКОВ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ МЕТОДОМ СВЕРХЧЕТКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ

Аннотация

Показана возможность выделения нафталиновой фракции, содержащей не менее 97% основного вещества, из каменноугольной смолы. Для получения нафталина с содержанием основного вещества не менее 97 % рассмотрены несколько конкурентных схем: с использованием одной и двух колонн. Оптимальной с точки зрения энергетических затрат является одноклонная схема с боковым отбором. Качество целевой фракции может достигать 99 %, при этом удельные затраты греющего пара составят 1,19 Гкал/т. Получение целевого продукта, с содержанием 97 % - го нафталина требует удельных затрат греющего пара в размере 0,33 Гкал/т, что почти в 4 раза меньше.

Ключевые слова: нафталин, тионафтен, близкокипящие смеси, азеотроп, ректификация, оптимизация.

Romanova N.A.¹, Khrekin A.S.², Leontev V.S.³

¹ORCID 0000-0003-3147-4420, PhD in Engineering, Associate professor, St. Petersburg Mining University,

²Student, St. Petersburg Mining University,

³PhD in Engineering, Associate professor, Ltd. «Intareks», St. Petersburg Mining University

NAPHTHALINE SEPARATION FROM RESIDUES OF COAL TAR BY SUPERFRACTIONATING METHOD

Abstract

The paper describes the way of naphthalene separation containing at least 97% of the base material from the coal tar. Several competitive schemes are considered to obtain naphthalene with a main substance content of not less than 97%, using one and two columns. A one-column scheme with lateral selection is optimal in terms of energy costs. The quality of the target fraction can be 99%, while the specific costs of heating steam will be 1.19 Gcal/t. Obtaining of the target product, containing 97% naphthalene, requires specific costs of heating water steam of 0.33 Gcal/t, which is almost 4 times less.

Keywords: naphthalene, thionaphthene, close-boiling mixtures, azeotrope, rectification, optimization.

В настоящее время процесс получения чистого нафталина имеет важное значение для нефтехимической промышленности. Ряд предприятий заинтересован в производстве технического нафталина, содержащего не менее 97% основного вещества, так как он является исходным продуктом в получении таких реагентов как фталевый ангидрид, декалин, тетралин, нафтол и других. Нафталин выступает в качестве промежуточного продукта в

производстве различных азотокрасителей, поверхностно-активных веществ (ПАВ), а также в получении пластификаторов.

Высокие требования к качеству технического нафталина жестко ограничивают содержание в нем серы и сернистых соединений (менее 1 % масс.), а также некоторых других веществ, поэтому решение проблемы выделения чистого нафталина связаны с отделением его от компонентов, близких по температуре кипения, таких как тионафтен и ксиленол.

Исходный состав нафталиновой фракции, полученной из остатков каменноугольной смолы, рассматриваемый в конкретном примере, содержит тринадцать компонентов, три из которых представляют особую сложность для разделения: нафталин (218 °С), тионафтен (219 °С), а также ксиленол с температурой кипения 217 °С [1]. Следует отметить, что в рассматриваемом сырьевом потоке могут существовать двойные и тройные азеотропные смеси, о наличии или отсутствии которых упоминается в источниках [2], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [11], однако различная справочная литература дает по этому вопросу противоречивую информацию. Согласно источнику [1] в большинстве нафталиновых фракций имеются следующие азеотропные смеси (табл 1).

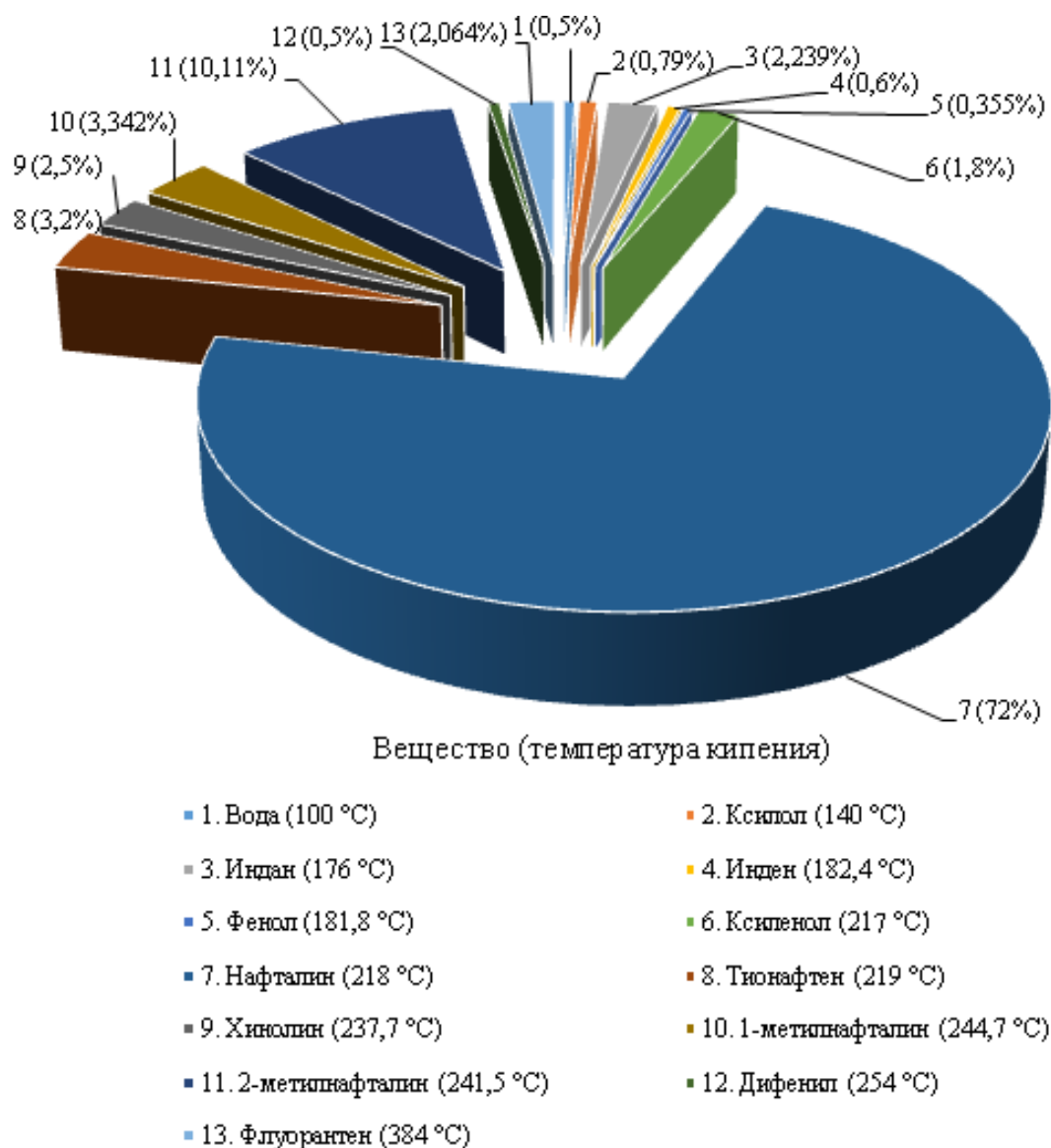


Рис. 1 – Состав исходного сырья

Таблица 1 – сведения о наличии и типе бинарных азеотропных смесей (гом. отр. – гомогенный отрицательный, пол. – положительный, если известно – указана температура кипения смеси)

Компонент	Фенол	О-ксилол	Инден	Нафталин	Хинолин	1-метил-нафталин	2-метил-нафталин	Бифенил	3,4-ксиленол	2,4-ксиленол
Фенол		нет	177°C пол.	гом. отр.						
О-ксилол	нет			гом. отр.						
Инден	177°C пол.					244°C отр.	нет	250 °C пол.	217°C пол.	
Нафталин	гом. отр.	гом. отр.			нет	гом. отр.	гом. отр.	гом. отр.	217°C пол.	
Хинолин				Нет		нет	237°C пол.		175°C пол.	184°C пол.
1-метил-нафталин			244°C отр.	гом. отр.	нет		нет	нет		
2-метил-нафталин			нет	гом. отр.	237°C пол.	нет				
Бифенил		гом. отр.	250°C пол.	гом. отр.		нет				
3,4-ксиленол			217°C пол.		175°C пол.					
2,4-ксиленол					184 °C пол.					

Как утверждает источник [11], имеет место существование азеотропа 3,4-ксиленол-нафталин. Наличие рассматриваемого нами азеотропа тионафтен-нафталин в справочной литературе найти не удалось, однако упоминание о проблеме разделения этой смеси найдено во множестве монографий [2, 4-9]. Составы азеотропа, температуры кипения были получены путем моделирования и расчетов (рисунок 2).

■ Нафталин (218°C) ■ Ксиленол-2,3 (217°C) ■ Тионафтен (219,9°C)

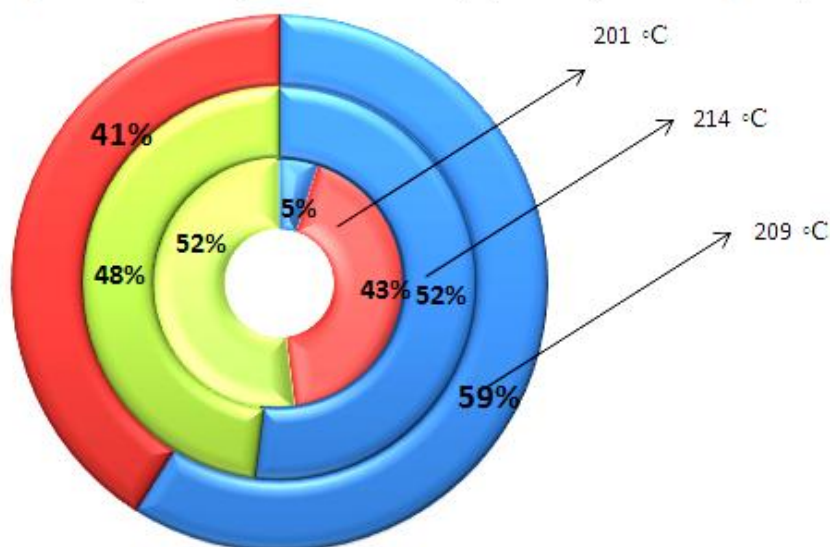


Рис. 2 – Азеотропные смеси и их составы

Существует ряд технологий разделения тионафтена и нафталина. Можно выделить несколько способов, описываемых в литературе.

1) Метод противоточной жидкостной экстракции с двумя несмешивающимися растворителями. При этом получается нафталин концентрацией 99,7% и фракция тионафтена с содержанием последнего 13%. Данный метод является сложным и энергоемким. Его реализация целесообразна только при условии гарантированного сбыта фракции тионафтена.

2) Химические методы очистки – хлористым алюминием, металлическим натрием, формальдегидом, а также гидрогенизационная очистка.

3) Метод очистки азеотропной ректификацией. Смесь нафталина с тионафтенем можно разделить с применением этиленгликоля в качестве азеотропообразующей добавки [4].

Интерес представляет решение проблемы разделения смеси нафталина и тионафтена без использования разделяющего агента, т.к. его наличие удорожает процесс ректификации и увеличивает стадийность процесса разделения.

Путем моделирования данного процесса в программной среде HYSYS 7.2 с использованием модели активности NRTL с расчетом бинарных коэффициентов по методу UNIFAC были получены результаты и предложены схемы, позволяющие выделить технический нафталин, удовлетворяющий заданным требованиям, а также проведено сравнение энергетических затрат на выделение нафталина с чистотой 97% масс. и 99,0% масс.

Получение нафталина с содержанием не менее 97% масс. основного вещества возможно путем ректификации в двух вакуумных колоннах без боковых отборов с получением нафталина необходимого качества в виде кубовой жидкости колонны К-2 (см. рис. 4). На схеме под легкими понимались: вода, ксилол, индан, инден, фенол; под тяжелыми: хинолин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, дифенил, флуорантен, ксиленол. Колонна К-1 предназначена для максимального извлечения легкокипящих компонентов, колонна К-2 для – выделения товарного нафталина с максимальным выходом от потенциала 90%.

Также была рассмотрена возможность получения нафталина, удовлетворяющего заданным требованиям, путем ректификации в одной вакуумной колонне с боковым отбором и предварительной сепарацией исходного сырья. На данной схеме под легкими понимались: вода, ксилол, индан, инден, фенол, ксиленол, тионафитен; под тяжелыми: хинолин, 1-метилнафталин, 2-метилнафталин, дифенил, флуорантен.

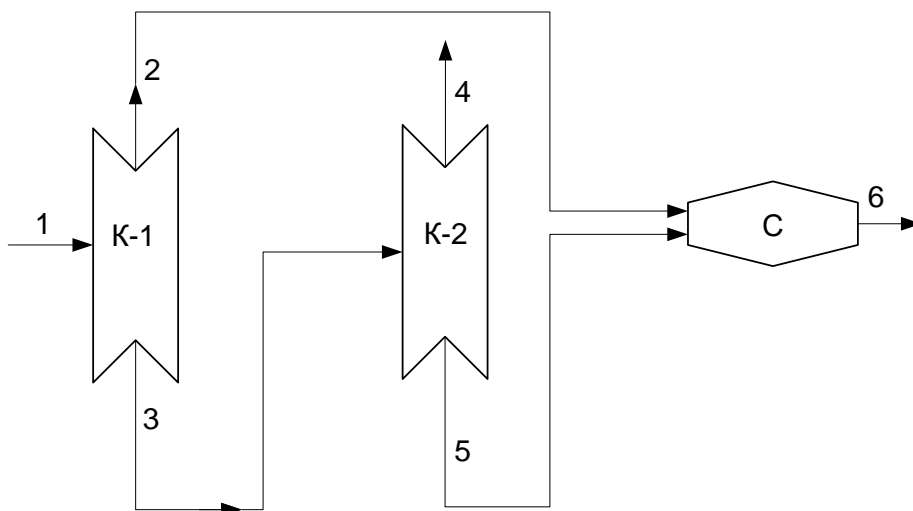


Рис. 3 – Технологическая схема получения товарной нафталиновой фракции по двухколонной схеме:
К-1 – колонна выделения легких продуктов; К-2 – колонна выделения товарной нафталиновой фракции;
С – смеситель; 1 – исходная фракция каменноугольной смолы; 2 – легкие углеводороды; 3 – нафталин, частично укрепленный; 4 – товарная нафталиновая фракция; 5 – тяжелые углеводороды; 6 – масло

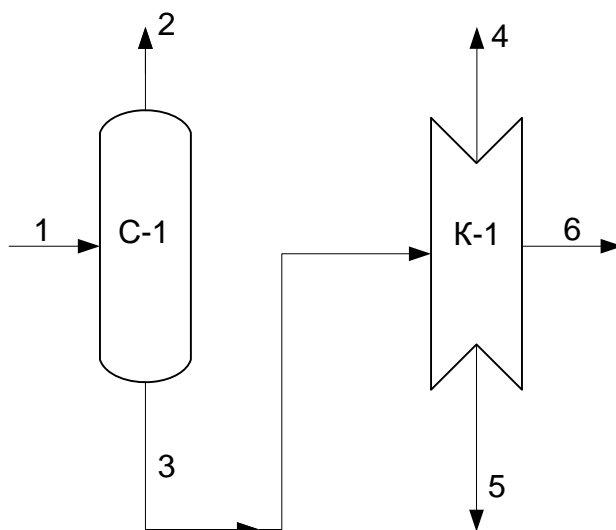


Рис.4 – Технологическая схема получения товарной нафталиновой фракции в колонне с боковым отбором:
С-1 – сепаратор; К-1 – колонна выделения товарной нафталиновой фракции; 1 – исходная фракция каменноугольной смолы; 2 – паровая фракция; 3 – жидкая фракция, 4 – легкие углеводороды; 5 – тяжелые углеводороды; 6 – товарная нафталиновая фракция.

Такая схема позволяет выделить нафталин с концентрацией 97-99,0% масс. и выходом от потенциала 92%.

Преимущество двухколонной схемы заключается в обеспечении большей технологической гибкости в работе аппаратов по сравнению с одной сложной колонной.

В таблице 2 приведены основные результаты моделирования, позволившие определить на основе построения «кривых качества» оптимальные эффективности колонн, расположение точки бокового отбора и флегмовые числа.

Таблица 2 – Основные результаты моделирования

Наименование параметра	Значения параметра для вариантов	
	№1 (см. рис. 3)	№2 (см. рис. 4)
Эффективность колонн, N, теоретические тарелки (т.т):		
K-1	40	100
K-2	100	-
Боковой отбор, т.т., считая снизу: K-1	-	85
Флегмовое число, R:		
K-1	5	12
K-2	12	-
Выход целевой фракции от потенциала	90	90
Расход греющего пара, Гкал/т	1,76	0,22

Обе представленные схемы позволяют выделить нафталин с концентрацией ниже 97% масс. и выходом от потенциала не менее 90%. Учитывая меньшие затраты энергии водяного пара, чуть больший выход от потенциала по сравнению с двухколонной схемой и возможность выделения целевого продукта с концентрацией свыше 99% масс, – более удачной из предложенных является схема с одной вакуумной колонной и боковым отбором. При достижении концентрации нафталина 99,0% масс. удельные затраты греющего пара составляют 1,19 Гкал/т, тогда как получение целевого продукта, с содержанием 97 % масс. нафталина требует удельных затрат греющего пара примерно в 4 раза больше, в размере 0,33 Гкал/т.

Выводы

1. На основе анализа литературных данных и проведенного моделирования подтверждено существование азеотропной смеси нафталин-тионафтен, определен тип азеотропа (положительный, температура кипения 214 °) и его состав (при нормальном давлении): 52:48% масс.
2. Путем моделирования обнаружен бинарный азеотроп 2,3- ксиленол-нафталин, определен тип азеотропа (положительный, температура кипения 209°) и его состав (при нормальном давлении): 41:59% масс. Кроме того, обнаружен тройной азеотроп нафталин-2,3-ксиленол-тионафтен (температура кипения 201°) и определен его состав (при нормальном давлении): 5:43:52% масс.
3. Предложены две принципиальные схемы выделения товарной нафталиновой фракции с качеством получаемого конечного сырья не ниже 97%.
4. Проведено сравнение энергетических затрат на выделение нафталина по двухколонной схеме и одноколонной схеме с дополнительным отбором, что позволило сделать вывод, что технологическая схема с одной вакуумной колонной более эффективна и имеет потенциал для выделения более качественного целевого продукта, содержанием нафталина 99 и более процентов.
5. Проведено сравнение энергетических затрат на выделение 99% и 97% нафталина. Установлено, что затраты греющего пара на выделение 99% превышают затраты во втором случае примерно в 4 раза (1,19 Гкал/т и 0,33 Гкал/т, соответственно).

Список литературы / References

1. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде; Справ. изд. – М.: Химия, 1989.
2. Горелова О.М., Григорьева М.Ю. Исследования по созданию экологичной технологии переработки нафталиновой фракции на предприятиях коксохимии // Ползуновский вестник, №1, 2013 – 277с.
3. Сидоров О.Ф. Современные представления о процессе термоокисления каменноугольных пеков // Кокс и химия, №9, 2002 – с. 35-43.
4. Брон А.Я. Переработка каменноугольной смолы. – М.: Металлургия, 1963. – 184с.
5. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства: учебник для техникумов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1982.
6. Харлампович Г.Д., Кауфман А.А. Технология коксохимического производства: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1995.
7. Петлюк Ф.Б., Серафимов Л.А. Многокомпонентная ректификация. Теория и расчет. – М.: Химия, 1983.
8. Сулимов А.Д. Производство ароматических углеводородов из нефтяного сырья. – М.: Химия, 1975.
9. Крюков А.С., Габриелова И.С., Марховская Ж.В., Кива В.Н. Равновесие жидкость – пар в системах бензальдегида, фенолов и нафталина при давлениях ниже 13,3 кПа (100 мм рт. ст.) // Основной органический синтез и нефтехимия: сб. науч. тр. Ярослав. политехн. ин-т. – Ярославль, 1986. – с.52-55.
10. Соколов В.З., Харлампович Г.Д. Производство и использование ароматических углеводородов. – М.: Химия, 1980. – с.281

11. Сидоров О.Ф. Механизм взаимодействия кислорода с углеводородами пека. Журнал "Кокс и химия" №9 2002г. стр. 35-43

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dmitriev M.T., Kaznina N.I., Pinigina I.A. Sanitarno-himicheskiy analiz zagryaznjajushhih veshchestv v okruzhajushhej srede [Sanitary and chemical analysis of pollutants in the environment]; Sprav. izd. – M.: Himija, 1989. [in Russian]
2. Gorelova O.M., Grigor'eva M.Ju. Issledovanija po sozdaniju jekologichnoj tehnologii pererabotki naftalinoj frakcii na predpriyatiyah koksohimii [Studies on the creation of environmentally friendly technologies for processing of naphthalene fractions enterprises coking industry] // Polzunovskij vestnik. – 2013. – №1. – 277 p. [in Russian]
3. Sidorov O.F. Sovremennye predstavlenija o processe termookislenija kamennougol'nyh pekov [Modern views on the process of thermal oxidation of coal pitches] // Koks i himija [Coke and chemistry]. – 2002. – №9. – P. 35-43. [in Russian]
4. Bron A.Ja. Pererabotka kamennougol'noj smoly [Refining of coal tar]. – M.: Metallurgija, 1963. – 184 p. [in Russian]
5. Lejbovich R.E., Jakovleva E.I., Filatov A.B. Tehnologija koksohimicheskogo proizvodstva: uchebnik dlja tehnikumov – 3-e izd., pererab. i dop. [The technology of coke production: textbook for colleges – 3 ed., rev. and ext.] – M.: Metallurgija, 1982. [in Russian]
6. Harlampovich G.D., Kaufman A.A. Tehnologija koksohimicheskogo proizvodstva: uchebnik dlja vuzov [Coke production technology: textbook for high schools]. – M.: Metallurgija, 1995. [in Russian]
7. Petljuk F.B., Serafimov L.A. Mnogokomponentnaja rektifikacija. Teorija i raschet [The multicomponent rectification. Theory and calculation]. – M.: Himija, 1983. [in Russian]
8. Sulimov A.D. Proizvodstvo aromatischeskih uglevodorodov iz neftjanogo syr'ja [Production of aromatic hydrocarbons from petroleum feedstocks]. – M.: Himija, 1975. [in Russian]
9. Krjukov A.S., Gabrielova I.S., Marhovskaja Zh.V., Kiva V.N. Ravnovesie zhidkost' – par v sistemah benzal'degida, fenolov i naftalina pri davlenijah nizhe 13,3 kPa (100 mm rt. st.) [The balance of the liquid - vapor systems in amagol, phenol and naphthalene at pressures below 13.3 kPa (100 mm Hg.).] // The main organic synthesis and petrochemistry // Osnovnoj organicheskiy sintez i neftehimija [The main organic synthesis and petrochemistry]: sb. nauch. tr. Jarosl. politehn. in-t. – Jaroslavl' – 1986. – P. 52-55. [in Russian]
10. Sokolov V.Z., Harlampovich G.D. Proizvodstvo i ispol'zovanie aromatischeskih uglevodorodov [Production and use of aromatic hydrocarbons]. – M.: Himija, 1980. – P. 281. [in Russian]
11. Sidorov O.F. Mehanizm vzaimodejstija kisloroda s uglevodorodami peka [The mechanism of interaction of oxygen with hydrocarbons pitch] // Koks i himija [Coke and chemistry]. – 2002. – №9. – P. 35-43. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.039>

Сарсикеев Е.Ж.¹, Шолохова И.И.², Шевелева С.И.³, Петрусев А.С.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-7209-5024, кандидат технических наук; ² ORCID: 0000-0003-1711-6205; ³ ORCID: 0000-0002-6878-8397, кандидат педагогических наук; ⁴ студент,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В АВТОНОМНЫХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Аннотация

В статье рассматриваются задачи выбора рационального состава оборудования для энергетических комплексов электроснабжения децентрализованных потребителей. При выборе учитываются не только характеристики основного и дополнительного оборудования, но и влияние внешних факторов на работу системы, таких как метеорологические показатели и изменение нагрузки. В качестве основного критерия оптимальности принят чистый дисконтированный доход, наиболее точно отображающий финансовые показатели проектов электроснабжения с возобновляемыми источниками.

Ключевые слова: состав оборудования, ветровая станция, дизельная станция, фотоэлектрическая станция, оптимальность, себестоимость.

Sarsikeev Ye.Zh.¹, Sholokhova I.I.², Sheveleva S.I.³, Petrusev A.S.⁴

¹ ORCID: 0000-0002-7209-5024, PhD in Engineering; ² ORCID: 0000-0003-1711-6205; ³ ORCID: 0000-0002-6878-8397, PhD in Pedagogy; ⁴ student, National Research Tomsk Polytechnic University

TECHNICAL AND ECONOMICAL ASSESSMENT OF STAND-ALONE RENEWABLE POWER SYSTEM PROJECTS

Abstract

The problem of optimal choice of the unit commitment for decentralized power supply systems is considered. During the choice, we consider not only the parameters of main and supplementary equipment, but also the external factors of the system operation, such as weather parameters and changes in the load. The net present value is accepted as a key optimality criterion, since it is the most accurate financial indicator of renewable power system projects.

Keywords: unit commitment, wind station, diesel station, photovoltaic station, optimality, cost.

Экономическая эффективность проектов систем децентрализованного электроснабжения основывается в первую очередь, на возможных технических решениях по экономии дорогостоящего органического топлива уменьшением установленной мощности генерирующего оборудования. В свою очередь снижение мощности дизельного оборудования осуществляется посредством замещения вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) [1].

Учитывая вероятностный характер изменения параметров природных возобновляемых ресурсов [2] и электрических нагрузок децентрализованных потребителей [3], а также их существенное взаимовлияние друг на друга, выбор режимов работы, видов и параметров накопителей энергии для таких систем становится достаточно сложной и неоднозначной задачей.

Для уменьшения погрешности в процессе решения задачи конкретной схемы построения энергетической системы, необходимы точные данные в области природных возобновляемых источников, формируемые многолетней статистикой.

Недостаток или отсутствие справочной информации для проведения подобных расчетов оказывают существенное влияние на точность получаемых результатов расчетов. Из этого следует, что для практической реализации эффективных проектов автономных энергетических систем с возобновляемыми источниками необходимо проведение специализированных предпроектных работ с применением специальных методов и средств измерений, обеспечивающих формирование массивов метеорологических показателей в предполагаемом месте размещения электростанции.

Важнейшей задачей проектирования автономной энергетической системы является выбор рациональной схемы ее построения, подбор и согласование режимов работы основного энергетического оборудования. Задача осложняется тем, что сами схемы построения, режимы работы и параметры используемого энергетического оборудования могут существенно различаться [4].

В большинстве практических случаев задача нахождения оптимального решения по построению автономной энергетической системы с использованием ВИЭ является многофакторной. Соответственно, ее успешное решение требует применения специализированного математического аппарата многопараметрической оптимизации. При этом применение универсальных математических пакетов для решения данной задачи практически невозможно, так как возникает необходимость создания специализированных баз данных с параметрами основного энергетического оборудования [5, 6], массивами метеорологических показателей, перечня технических ограничений и т.п. В некоторых случаях с определенными допущениями возможна разработка собственного математического аппарата, позволяющего адаптировать данные метеорологических станций к задачам энергетики. Однако разрабатываемый математический аппарат требует специальных навыков и, базируясь на теории вероятности, имеет гарантированную погрешность.

Для предварительной технико-экономической оценки эффективности проектов с использованием ВИЭ можно воспользоваться специализированными программными продуктами, наиболее известными из которых являются Homer, RETScreen и др. [7].

В качестве примера далее приведены результаты расчета в программном продукте Homer проекта электроснабжения для поселка Чагда Республики Саха (Якутия).

Программа Homer позволяет составлять набор генерирующего, потребляющего и накопительного оборудования, рассчитывая технические и экономические показатели различных вариантов схемы.

Состав оборудования автономной системы электроснабжения приведен на рисунке 1.

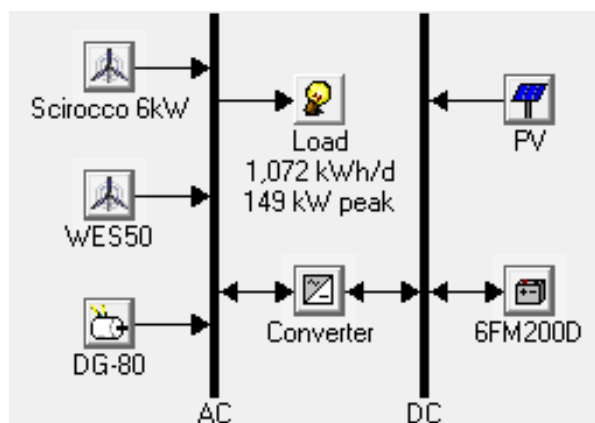


Рис. 1 – Схема системы электроснабжения

В качестве основного генерирующего оборудования рассматриваемой энергетической системы приняты ветроэнергетическая установка Scirocco мощностью 5 кВт в количестве 0, 5, 10 и 20 шт.; ветроэнергетическая установка WES-50 мощностью 50 кВт в количестве 0, 1, 2, 3 и 4 шт.; дизельная генераторная установка CAT-80 мощностью 80 кВт в количестве 0, 1, 2 и 3 шт.; фотоэлектрические модули FCM-250 мощностью 250 Вт в количестве 0, 200 и 400 шт.

Накопители электрической энергии представлены свинцово-кислотными аккумуляторами Vision 6FM200D напряжением 12 В, номинальной емкостью 200 А·ч каждая в количестве 0, 50, 100, 200, 300 и 500 шт.

Инвертор, согласующий аккумуляторные батареи и фотоэлектрические модули с нагрузкой, представлен инвертором фирмы SMA мощностью 20 кВт в количестве 0, 1, 2, 3, 4 и 5 шт.

Параметры электропотребления заданы в виде графиков электрических нагрузок на каждый час с возможностью корректировки на каждый месяц. Плотность распределения активной мощности нагрузки в разрезе суток на каждый месяц приведена на рисунке 2.

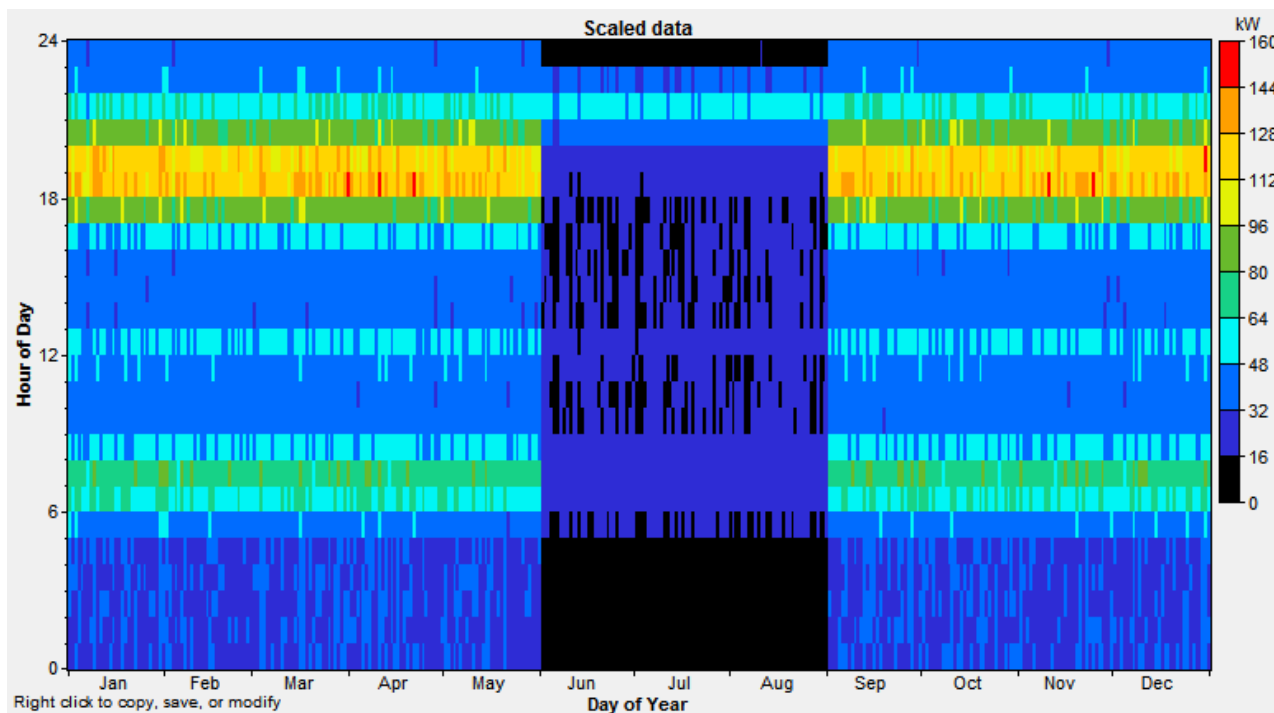


Рис. 2 – Плотность распределения активной мощности нагрузки

Распределение удельной мощности солнечного излучения по месяцам для поселка Чагда приведено на рисунке 3.

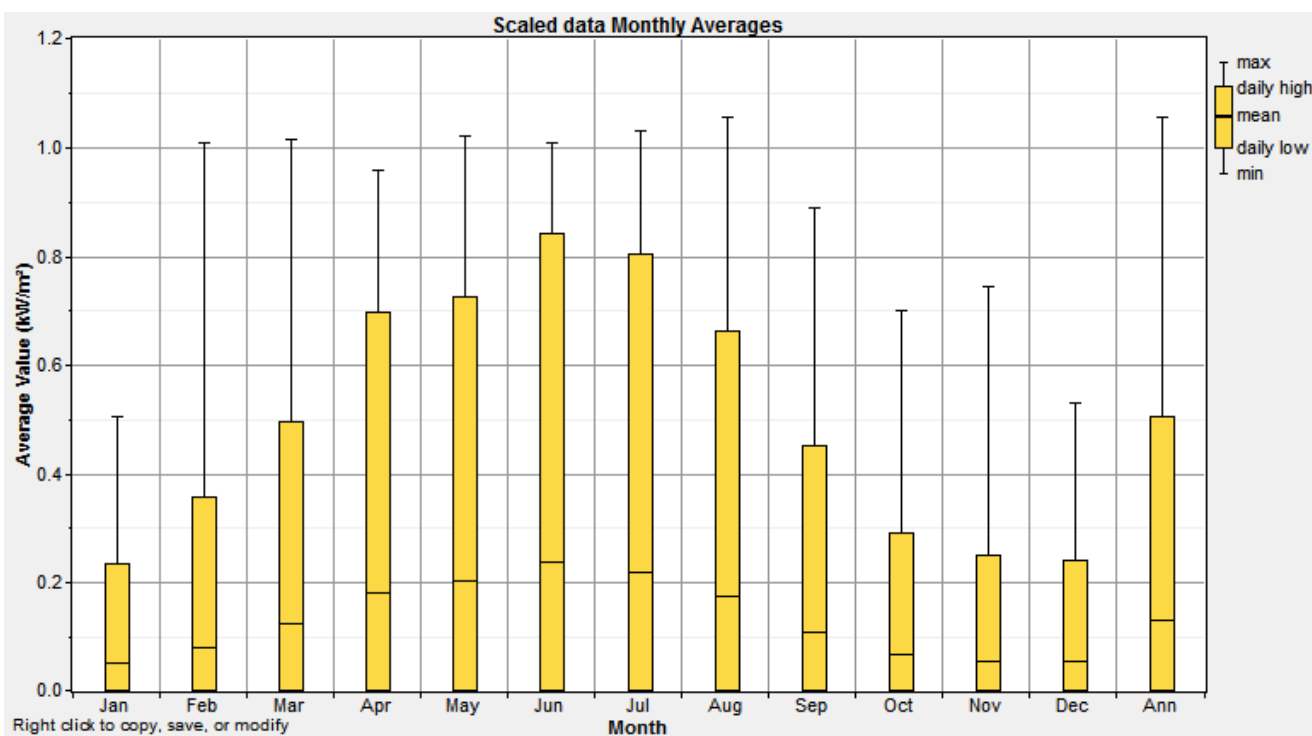


Рис. 3 – Распределение удельной мощности солнечного излучения по месяцам

Вероятность распределения скоростей ветра изображена на рисунке 4.

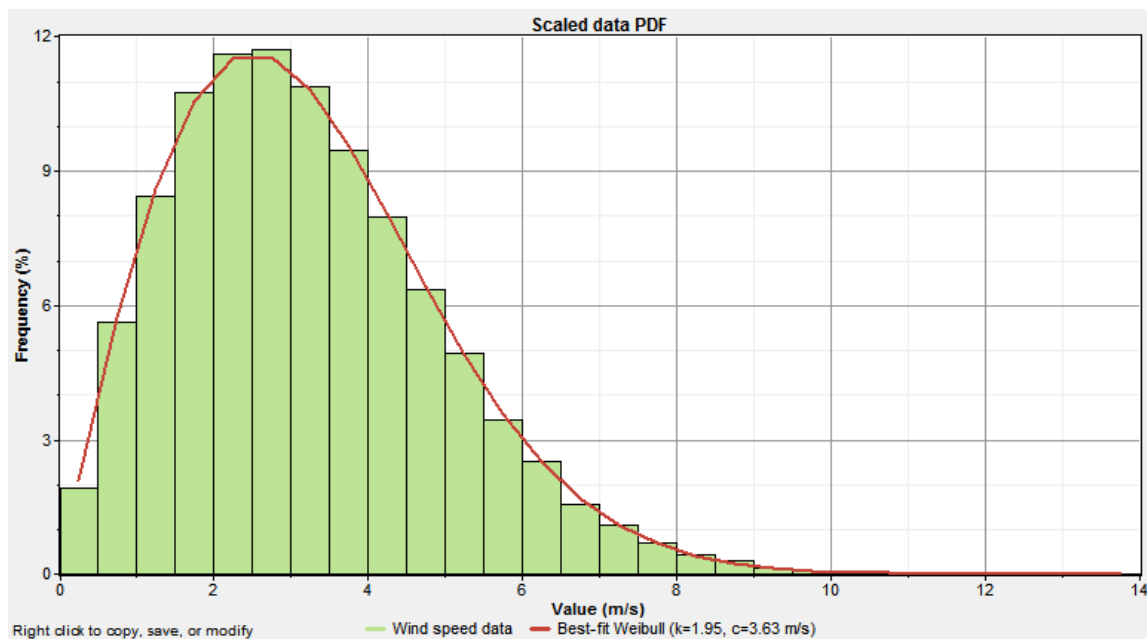


Рис. 4 – Вероятность распределения скоростей ветра

Результатом расчета, представленный на рисунке 5, является список возможных вариантов и их сортировка согласно критерию TotalNPC (чистая приведенная стоимость), который учитывает инвестиции и затраты на эксплуатацию и реновацию.

	PV (kW)	E-6	WES50	80 (kW)	6FM200D	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	80 (hrs)
			4	80	200	60	CC	\$ 362,100	122,875	\$ 1,932,861	0.386	0.47	82,135	5,590
	50		4	80	200	60	CC	\$ 432,100	124,515	\$ 2,023,814	0.405	0.54	74,592	4,960
				80	200	80	CC	\$ 105,800	172,176	\$ 2,306,786	0.461	0.00	132,410	8,547
	50			80	200	80	CC	\$ 175,800	168,935	\$ 2,335,351	0.467	0.11	119,493	7,585
				160			CC	\$ 70,000	199,360	\$ 2,618,492	0.524	0.00	157,833	8,760
		5		160			CC	\$ 95,000	199,231	\$ 2,641,838	0.528	0.04	156,040	8,760
	50			160		40	CC	\$ 147,400	204,620	\$ 2,763,134	0.552	0.09	153,155	8,521
	50		3	160		20	CC	\$ 338,700	189,968	\$ 2,767,130	0.553	0.34	134,020	7,828

Рис. 5 – Варианты схемы и их экономические показатели

В качестве примера к рассмотрению приняты два наиболее выгодных варианта схемы.

Вариант 1. В составе ветроэнергетических установок мощностью 250 кВт каждая в количестве 4 шт., дизель-генераторная установка мощностью 80 кВт в количестве 1 шт., свинцовых аккумуляторных батарей емкостью 250 А·ч каждая в количестве 200 шт., мощность инвертора 60 кВт.

Загрузка и распределение выработки электрической энергии источников питания в системе электроснабжения приведены на рисунке 6.

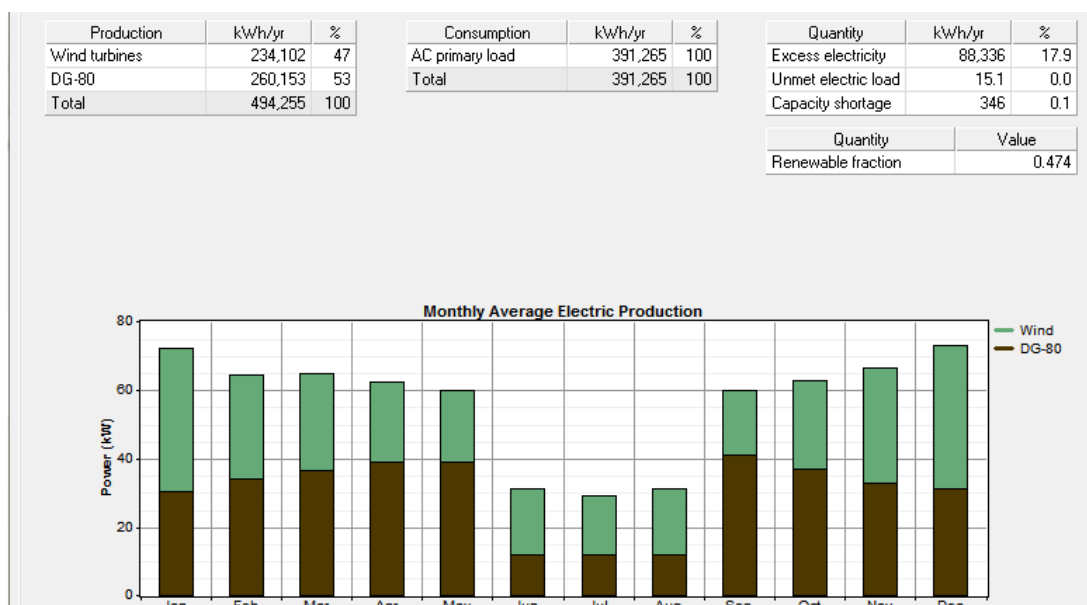


Рис. 6 – Сводные данные по источникам питания

Вариант 2. Фотоэлектрические установки установленной мощностью 50 кВт; ветроэнергетических установок мощностью 250 кВт каждая в количестве 4 шт.; дизель-генераторная установка мощностью 80 кВт в количестве 1 шт.; свинцовые аккумуляторные батареи емкостью 250 А·ч каждая в количестве 200 шт.; инвертор 60 кВт.

Загрузка и распределение выработки электрической энергии источников питания в системе электроснабжения приведены на рисунке 7.

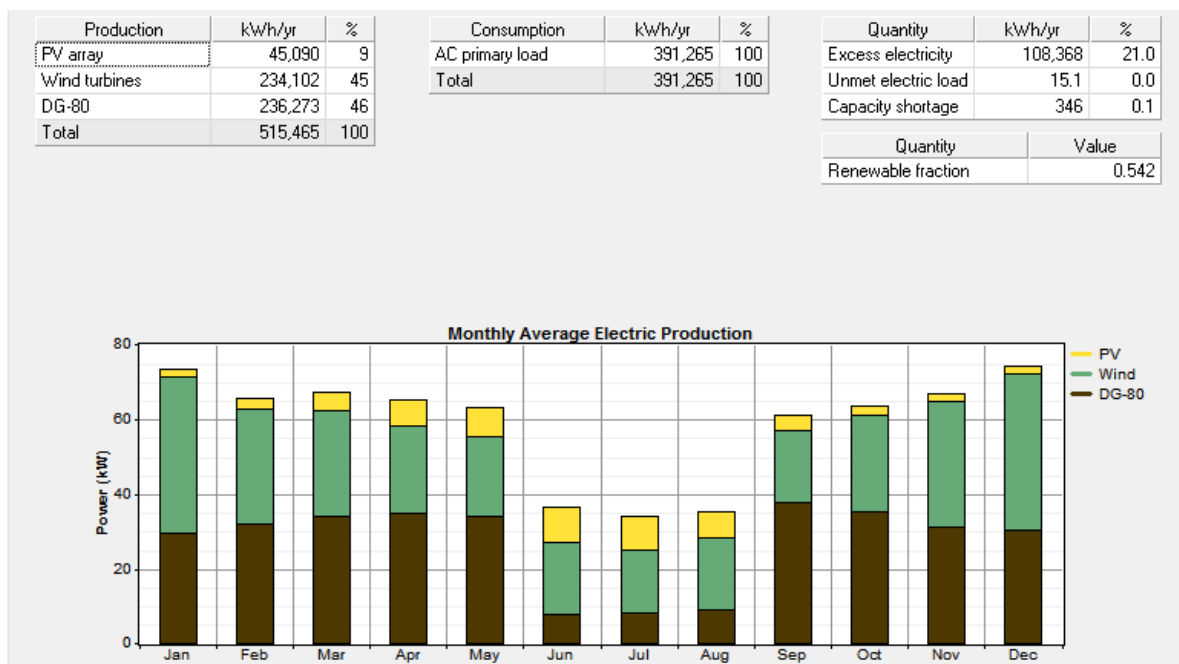


Рис. 7 – Сводные данные по источникам питания

Себестоимость генерируемой электроэнергии для первого варианта составила 0,386 долл/кВт·ч, а для второго варианта – 0,405 долл/кВт·ч. Чистая приведенная стоимость первого варианта составила 1932,861 долл., а второго – 2023,814 долл. Доля возобновляемых источников в генерации электроэнергии для первого варианта составила 47,4%, а для второго – 54,2%. Наиболее экономически эффективным при данных условиях сравнения оказался первый вариант системы, в которой четыре ветротурбины мощностью 50 кВт, дизельная установка мощностью 80 кВт и аккумуляторные батареи в количестве 200 штук по 200 А·ч номинальной емкостью каждая.

Таким образом, уровень сложности технико-экономического обоснования проектов электроснабжения с участием возобновляемых источников энергии зависит от множества факторов, таких как конфигурация схемы, наличие и точность исходных данных по источникам питания и потребителю электроэнергии, а также от предъявляемых требований к расчетам. Очевидно, что создание универсальной методики и средств ее реализации является сложной и трудозатратной работой, выполнение которой обусловлено наличием необходимого уровня компетентности персонала для проведения технико-экономических расчетов в области возобновляемой и малой энергетики.

Список литературы / References

1. Лукутин Б.В. Оценка технико-экономической эффективности использования накопителей электроэнергии в автономной микрогидроэлектростанции / Б.В. Лукутин, Е.Ж. Сарсикеев, Е.Б. Шандарова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 145.
2. Обухов С.Г. Динамическая модель продольной составляющей скорости ветра / С.Г. Обухов, И.А. Плотников, Е.Ж. Сарсикеев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 139.
3. Лукутин Б.В. Моделирование электрической нагрузки микрогидроэлектростанции для электроснабжения автономных потребителей / Б.В. Лукутин, Е.Ж. Сарсикеев, Р.Б. Тентиев // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики : материалы V научно-практической интернет-конференции; отв.редактор Ю.С. Нагорнов. – 2015.– С. 178-181.
4. Сарсикеев Е.Ж. Методика выбора количества и мощности дизельных генераторов / Е.Ж. Сарсикеев, Б.В. Лукутин, Р.М. Мустафина // Электротехника. Электротехнология. Энергетика : сборник научных трудов VII международной научной конференции молодых ученых. – Новосибирский государственный технический университет; Межвузовский центр содействия научной и инновационной деятельности студентов и молодых ученых Новосибирской области. – 2015. – С. 390-394.
5. Шолохова И.И. Анализ и обработка экспериментальных данных по исследованию энергетических характеристик дизельной электростанции инверторного типа / И.И. Шолохова, Е.Ж. Сарсикеев, Е.А. Молдованова // Наука. Технологии. Инновации : сборник научных трудов: в 9 частях. Под редакцией М.Э. Рояка. – 2015. – С. 41-44.
6. Шолохова И.И. Применение Matlab MBS Toolbox для создания моделей характеристик дизельного двигателя / И.И. Шолохова, Е.Ж. Сарсикеев, Е.А. Молдованова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 98-106.
7. Сарсикеев Е.Ж. Применение накопителей электроэнергии в составе микроГЭС / Е.Ж. Сарсикеев, А.И. Романенков // Гидроэлектростанции в XXI веке : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов. – 2015. – С. 336-339.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Lukutin B.V. Ocenka tehniko-jekonomicheskoy jeffektivnosti ispol'zovaniya nakopitelej jelektroenergii v avtonomnoj mikrogidroelektrostantsii [Evaluation of technical and economic efficiency of the electric energy storage device in stand-alone micro hydro power plant] / B.V. Lukutin, E.Zh. Sarsikeev, E.B. Shandarova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. – 2015. – № 2-2. – p. 145. [in Russian]
2. Obuhov S.G. Dinamicheskaya model' prodol'noj sostavljajushhej skorosti vetra [The dynamic model of wind speed axial component] / S.G. Obuhov, I.A. Plotnikov, E.Zh. Sarsikeev // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. – 2013. – № 5. – p. 139. [in Russian]
3. Lukutin B.V. Modelirovanie jelektricheskoy nagruzki mikrogidroelektrostantsii dlja jelektrosnabzheniya avtonomnyh potrebitelej [Electric load simulation for a stand-alone power supply system] / B.V. Lukutin, E.Zh. Sarsikeev, R.B. Tentiev // *Mezhdisciplinarnye issledovaniya v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki : materialy V nauchno-prakticheskoy internet-konferencii* [Cross-Disciplinary Research in Mathematical Modeling and Informatics. Proc. of the V All-Russian Research-to-Practice Online Conference] ; edited by Ju.S. Nagornov. – 2015. – P. 178-181. [in Russian]
4. Sarsikeev E.Zh. Metodika vybora kolichestva i moshhnosti dizel'nyh generatorov [Technique for selecting the quantity and power of diesel generators] / E.Zh. Sarsikeev, B.V. Lukutin, R.M. Mustafina // *Jeletrotehnika. Jeletrotehnologiya. Jenergetika : sbornik nauchnyh trudov VII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchenykh* [Electrical Engineering. Electrotechnology. Energy. Proc. of the VII International Scientific Conference of Young Scientists]. – Novosibirskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet [Novosibirsk State Technical University]; *Mezhvuzovskij centr sodejstvija nauchnoj i innovacionnoj dejatel'nosti studentov i molodyh uchenykh Novosibirskoj oblasti* [Inter-University Science and Innovation Promotion Center for Students and Young Scientists in Novosibirsk Region]. – 2015. – P. 390-394. [in Russian]
5. Sholohova I.I. Analiz i obrabotka jeksperimental'nyh dannyh po issledovaniju jenergeticheskikh harakteristik dizel'noj jelektrostantsii invertornogo tipa [The analysis and processing of experimental data on the study of energy parameters of an inverter diesel power station] / I.I. Sholohova, E.Zh. Sarsikeev, E.A. Moldovanova // *Nauka. Tehnologii. Innovacii : sbornik nauchnyh trudov: v 9 chastjah* [Science. Engineering. Innovations. Collection of Scientific Papers. In 9 Parts]. edited by M.Je. Rojak. – 2015. – P. 41-44. [in Russian]
6. Sholohova I.I. Primenenie Matlab MBC Toolbox dlja sozdaniya modelej harakteristik dizel'nogo dvigatelja [Modeling of diesel engine parameters with Matlab MBC toolbox] / I.I. Sholohova, E.Zh. Sarsikeev, E.A. Moldovanova // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. – 2015. – № 2-2. – P. 98-106. [in Russian]
7. Sarsikeev E.Zh. Primenenie nakopitelej jelektroenergii v sostave mikroGJeS [Use of energy storage units in microhydroelectric power plants] / E.Zh. Sarsikeev, A.I. Romanenkov // *Gidroelektrostantsii v XXI veke : sbornik materialov II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh, specialistov, aspirantov i studentov* [Hydroelectric Power Plants in the 21st Century. Proc. Of the II All-Russian Research-to-Practice Conference of Young Scientists, Specialists, PhD Students and Students]. – 2015. – P. 336-339. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.077>

Тронеv С.В.

Кандидат технических наук, Волгоградский государственный аграрный университет

ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ШНЕКА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**Аннотация**

Выполнено теоретическое обоснование снижения неравномерности потока хлебной массы по ширине рабочего органа на основе реализации принципа наложения друг на друга технологических потоков различного типа неравномерностей. Разработана новая конструкция распределительного шнека, которая способствует снижению неравномерности загрузки молотилки зерноуборочного комбайна за счет циркуляционного потока. Применение новой конструкции распределительного шнека позволило повысить производительность зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-595 Plus» по намолоту и площади уборки на 6...8 %.

Ключевые слова: распределительный шнек, зерноуборочный комбайн, производительность.

Tronev S.V.

PhD in Engineering, Volgograd state agrarian University

SUBSTANTIATION OF NEW CONSTRUCTION OF LEVELING AUGER OF HARVESTER**Abstract**

The theoretical substantiation of the decrease in the unevenness of the grain mass flow along the width of the working body is provided based on the implementation of the principle of overlapping technological flows of various types of irregularities. A new design of the leveling auger is developed, allowing to reduce the unevenness of the harvester grinder load due to the circulation flow. The use of the new design of the leveling auger makes it possible to increase the productivity of the RSM-152 "ACROS-595 Plus" harvester by threshing and cleaning area by 6...8%.

Keywords: leveling auger, harvester, productivity.

Во время функционирования зерноуборочного комбайна некоторые рабочие органы молотилки не могут достичь заданной производительности из-за того, что процесс обмолота хлебной массы и сепарации зернового вороха протекают с существенной неравномерностью технологических потоков [2, 4, 6, 9, 10, 11, 13, 14 и 15].

Основная часть потока хлебной массы по ширине рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна перемещается в центральной части [3] или по краям [1], а также – равномерно.

Уменьшение неравномерности загрузки рабочих органов молотилки обеспечивают: V-образные бичи [5]; ленточный транспортер вместо транспортной доски [2]; наклонная камера с выравнивающим устройством [12]; разравнивающее устройство шнека жатки [7]; устройство для распределения хлебной массы по ширине наклонной камеры [1].

Цель исследования – обоснование снижения неравномерности потока хлебной массы по ширине рабочего органа на основе реализации принципа наложения друг на друга технологических потоков различного типа неравномерностей.

Распределение потока хлебной массы по ширине рабочего органа можно оценить коэффициентом вариации V_i :

$$v_i = \frac{1}{\bar{q}_{ni}} \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^m (q_{ni} - \bar{q}_{ni})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

где \bar{q}_{ni} – среднеарифметическое значение потока хлебной массы в n-ой зоне по ширине i-го рабочего органа, кг/с; q_{ni} – значение потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа, кг/с; m – число зон, на которые разделен i-й рабочий орган.

Учтем наличие циркуляционного потока хлебной массы в молотилке зерноуборочного комбайна при определении q_{ni} следующим выражением:

$$q_{ni} = q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta}, \quad (2)$$

где q_{ni}^{α} – значение потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа без учета циркуляционного потока, кг/с; q_{ni}^{β} – значение циркуляционного потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа от, кг/с.

Среднеарифметическое значение технологического потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа молотилки с учетом циркуляционного протока определим из выражения:

$$\bar{q}_{ni} = \frac{\sum_{n=1}^m (q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta})}{n} = \frac{\sum_{n=1}^m q_{ni}^{\alpha}}{n} + \frac{\sum_{n=1}^m q_{ni}^{\beta}}{n} = \bar{q}_{ni}^{\alpha} + \bar{q}_{ni}^{\beta}, \quad (3)$$

где \bar{q}_{ni}^{α} – среднеарифметическое значение потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа молотилки без учета циркуляционных протоков, кг/с; \bar{q}_{ni}^{β} – среднеарифметическое значение циркуляционного протока хлебной массы в n-той зоне i-го рабочего органа молотилки, кг/с; m – число зон на которые разделен i-й рабочий орган.

Коэффициент вариации распределения потока хлебной массы по ширине i-го рабочего органа молотилки с учетом циркуляционного протока, учитывая выражения (2) и (3), равен:

$$v_i = \frac{1}{\bar{q}_{ni}^{\alpha} + \bar{q}_{ni}^{\beta}} \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^m (q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta} - \bar{q}_{ni}^{\alpha} - \bar{q}_{ni}^{\beta})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

Рассмотрим случай снижения коэффициента вариации распределения потока хлебной массы по ширине i-го рабочего органа молотилки.

При $v_i \rightarrow 0$ можно записать

$$q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta} - \bar{q}_{ni}^{\alpha} - \bar{q}_{ni}^{\beta} \rightarrow 0, \quad (5)$$

или в идеальном случае распределения

$$q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta} = \bar{q}_{ni}^{\alpha} + \bar{q}_{ni}^{\beta}. \quad (6)$$

Тогда с учетом выражения (3) условие (6) можно представить в виде:

$$q_{ni}^{\alpha} + q_{ni}^{\beta} = \bar{q}_{ni}. \quad (7)$$

Выражение (7) показывает необходимость подачи циркуляционного протока в зоны n, где значение потока хлебной массы в n-ой зоне i-го рабочего органа без учета циркуляционного потока меньше среднеарифметического значения.

Из выражения (7) можно определить величину подачи циркуляционного протока в зону n:

$$q_{ni}^{\beta} = \bar{q}_{ni} - q_{ni}^{\alpha}. \quad (8)$$

Выражение (7) представим в графическом виде с учетом вариантов движения технологических потоков хлебной массы по ширине рабочих органов молотилки.

Вариант 1. Если условно принять неравномерное распределение потока хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α} с максимумом по центру и минимумом по краям – положительным, а у циркуляционного потока q_{ni}^{β} с

минимумом по центру и максимумом по краям – отрицательным, то наложение таких противоположностей друг на друга снижает суммарную неравномерность (рисунок 1).

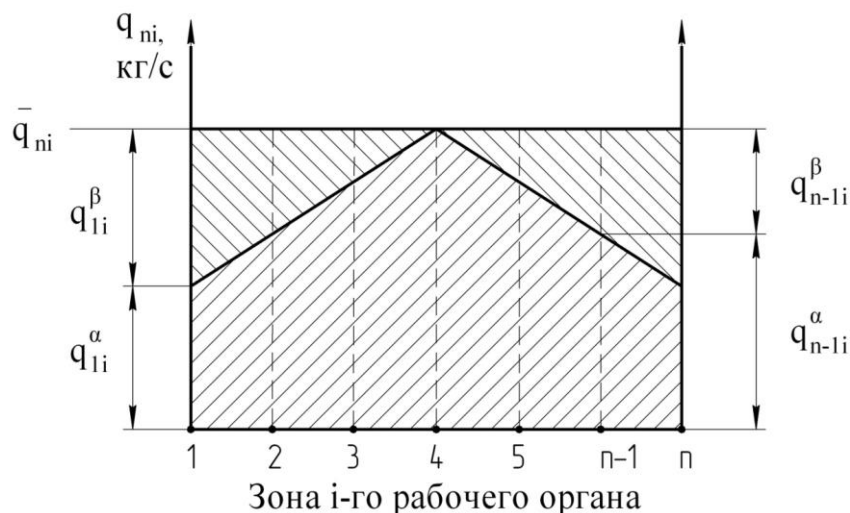


Рис. 1 – Графическое представление идеального случая распределения технологического потока хлебной массы q_{ni} в зонах n по ширине i -го рабочего органа молотилки зерноуборочного комбайна в варианте распределения потока

хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α} с максимумом по центру и минимумом по краям:

q_{ni}^{α} – значение потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа без учета циркуляционного потока, кг/с;

q_{ni}^{β} – значение циркуляционного потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа, кг/с; \bar{q}_{ni} – среднеарифметическое значение потока хлебной массы в n -той зоне i -го рабочего органа молотилки, кг/с

Вариант 2. Если условно принять неравномерное распределение потока хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α} с минимумом по центру и максимумом по краям – положительным, а у циркуляционного потока q_{ni}^{β} с максимумом по центру и минимумом по краям – отрицательным, то наложение таких противоположностей друг на друга снижает суммарную неравномерность (рисунок 2).

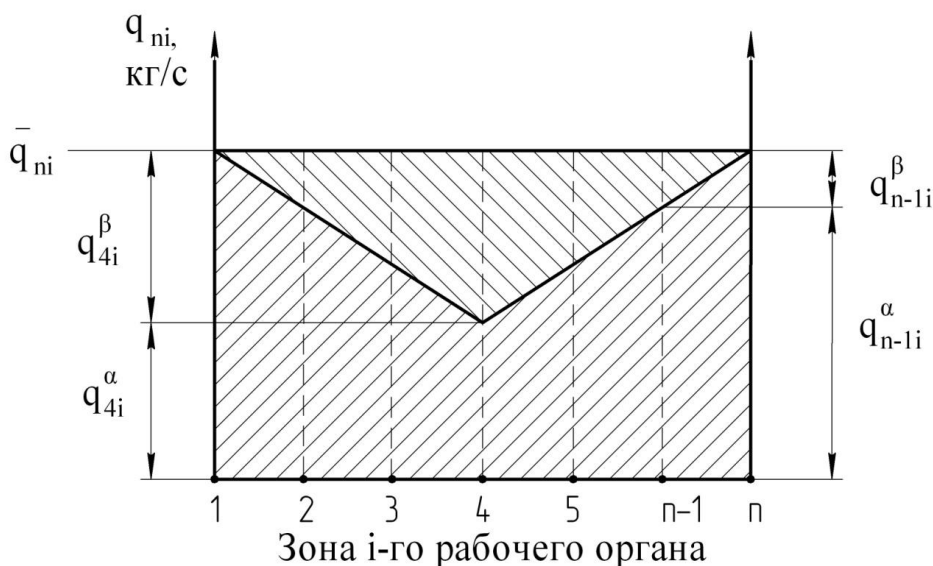


Рис. 2 – Графическое представление идеального случая распределения технологического потока хлебной массы q_{ni} в зонах n по ширине i -го рабочего органа молотилки зерноуборочного комбайна в варианте распределения потока

хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α} с минимумом по центру и максимумом по краям:

q_{ni}^{α} – значение потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа без учета циркуляционного потока, кг/с;

q_{ni}^{β} – значение циркуляционного потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа, кг/с; \bar{q}_{ni} – среднеарифметическое значение потока хлебной массы в n -той зоне i -го рабочего органа молотилки, кг/с

Вариант 3. Если условно принять равномерное распределение потока хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α} , то циркуляционный поток q_{ni}^{β} должен быть равномерными (рисунок 3).

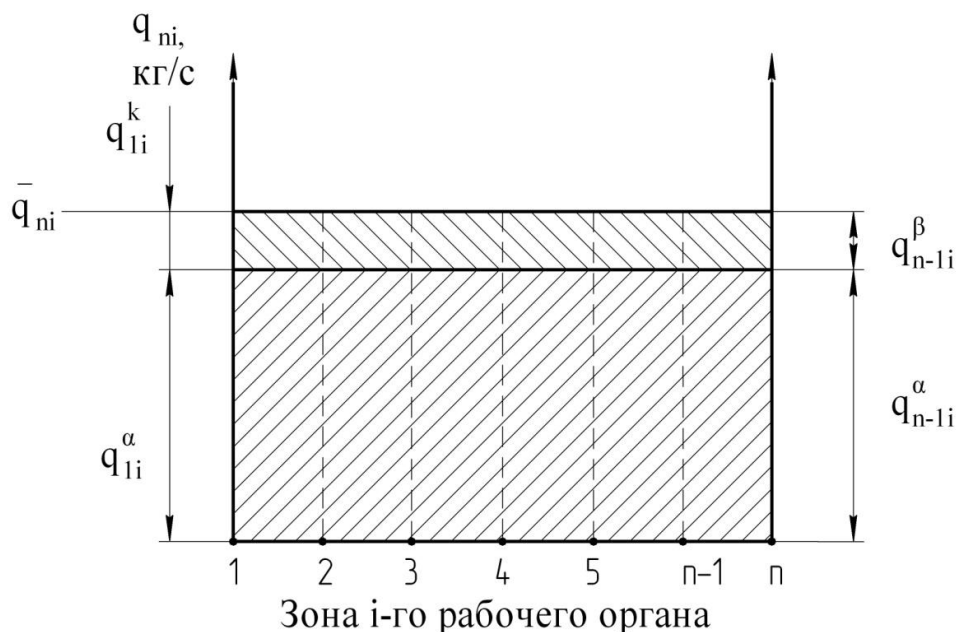


Рис. 3 – Графическое представление идеального случая распределения технологического потока хлебной массы q_{ni} в зонах n по ширине i -го рабочего органа молотилки зерноуборочного комбайна в варианте равномерного распределения потока хлебной массы без учета циркуляционного потока q_{ni}^{α}

q_{ni}^{α} – значение потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа без учета циркуляционного потока, кг/с;

q_{ni}^{β} – значение циркуляционного потока хлебной массы в n -ой зоне i -го рабочего органа, кг/с; \bar{q}_{ni} – среднеарифметическое значение потока хлебной массы в n -той зоне i -го рабочего органа молотилки, кг/с.

Таким образом, снизить неравномерность загрузки молотилки зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» возможно за счет циркуляционного потока, применив новую конструкцию распределительного шнека.

Кожух новой конструкции распределительного шнека имеет крепления для установки съемных щитков [8]. Если при работе зерноуборочного комбайна поток хлебной массы, поступающие на стрясную доску из молотильного аппарата, в основном, передвигается в центральной части рабочих органов молотилки, то циркуляционный поток после домолачивающего устройства распределительным шнеком необходимо подать на края очистки. Для этого необходимо на кожух 1 центральной части распределительного шнека серийной конструкции 1 установить съемные щитки 2 (рисунок 4).

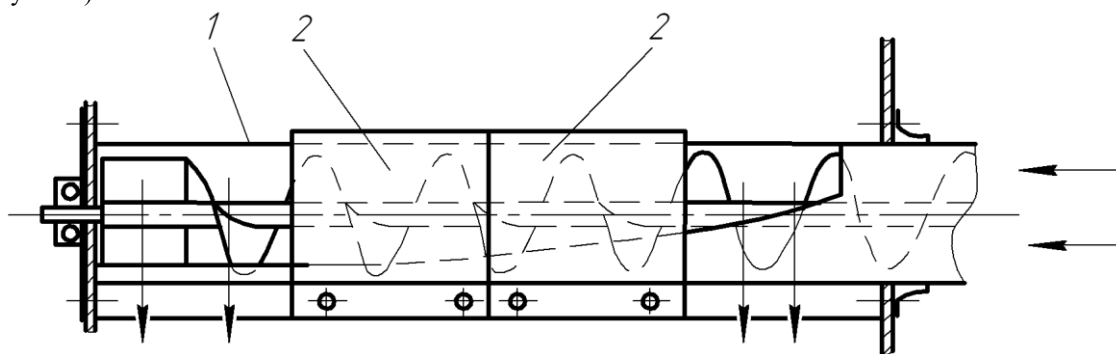


Рис. 4 – Схема работы новой конструкции распределительного шнека с подачей циркуляционного потока на края транспортной доски:

← направление движения циркуляционного потока; 1 – распределительный шнек серийной конструкции; 2 – съемный щиток

Если при работе зерноуборочного комбайна поток хлебной массы, поступающие на стрясную доску из молотильного аппарата, в основном, передвигается по краям рабочих органов молотилки, то циркуляционный поток после домолачивающего устройства распределительным шнеком необходимо подать в центральную часть очистки. Для этого необходимо на края кожуха 1 распределительного шнека серийной конструкции 1 установить съемные щитки 2 (рисунок 5).

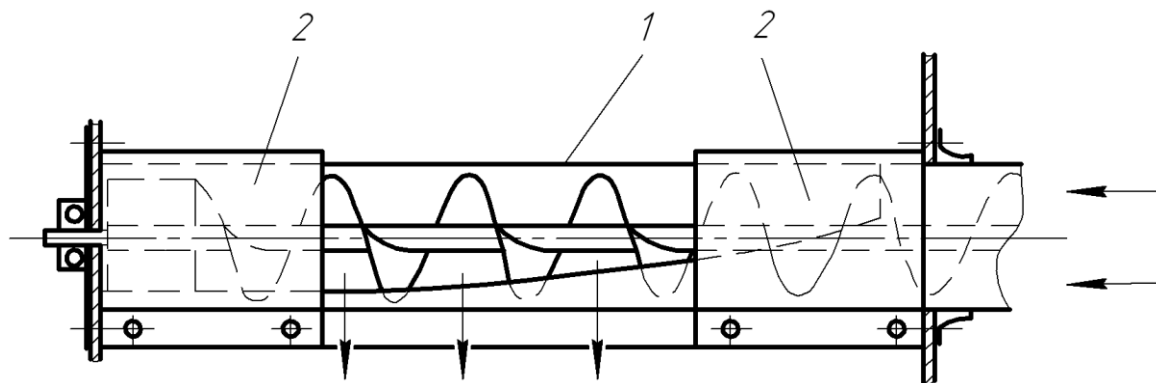


Рис. 5 – Схема работы новой конструкции распределительного шнека с подачей циркуляционного потока в центр транспортной доски:

← направление движения циркуляционного потока; 1 – распределительный шнек серийной конструкции;
2 – съемный щиток

Если при работе зерноуборочного комбайна поток хлебной массы, поступающий на стрясную доску из молотильного аппарата, в основном, передвигается равномерно по ширине рабочих органов молотилки, то на кожух распределительного шнека новой конструкции не устанавливают съемные щитки.

Применение новой конструкции распределительного шнека зерноуборочного комбайна РСМ-152 «ACROS-595 Plus» на уборке озимой пшеницы и ячменя способствовало повышению производительности по намолоту и площади уборки на 5...8 %.

Список литературы / References

1. Байзакова Ж.С. Технические средства для уборки сухих короткостебельных зерновых культур / Ж.С. Байзакова, М.С. Тойлыбаев // Вестник НГАУ. – Новосибирск, 2012. №3 (24). – С. 95-96.
2. Бердышев В.Е. Влияние неравномерности подачи вороха на качество работы очистки зерноуборочного комбайна / В.Е. Бердышев // Земледельческая механика. Сборник научных трудов МИИСП. Том XVII, М.: – 1980. – С. 78-82.
3. Захаров В.А. Метод оценки загрузки рабочих органов зерноуборочных комбайнов технологическим материалом / В.А. Захаров // Технические средства для обеспечения интенсивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Сборник научных трудов МИИСП, М.: – 1989. – С. 97-100.
4. Иванцов В.И. Влияние неравномерности подачи хлебной массы на потери при обмолоте // «Инновация, экология и ресурсосберегающие технологии на предприятиях машиностроения, авиастроения, транспорта и сельского хозяйства». Труды IX Международной научно-технической конференции. – Ростов-на-Дону: ИЦ ДГТУ, 2010. – С.189-191.
5. Кленин Н.И. Анализ технологических и энергетических показателей работы молотильных устройств с барабанами, имеющими различный угол наклона бичей/ Н.И. Кленин, В.Г. Егоров // Сельскохозяйственные машины. Доклады МИИСП. Том VII. Выпуск I. М.: – 1971. – С. 90-98.
6. Ловчиков А.П. Техничко-технологические основы совершенствования зерноуборочных комбайнов с бильным молотильным аппаратом. – Ульяновск: Зебра, 2016. – 111 с.
7. Лукиных Г.Ф. Исследование процесса перемещения хлебной массы разравнивающим устройством шнекового типа зерноуборочного комбайна / Г.Ф. Лукиных // Совершенствование уборки зерновых культур. Труды ЧИМЭСХ. Выпуск 73. – Челябинск, 1974. – С.57-64.
8. Пат. 2486745 РФ, МПК A01F 12/44, A01F 12/52. Очистка зерноуборочного комбайна / А.И. Ряднов, С.В. Тронеv, И.П. Сворцов; опубл. 10.07.2013, Бюл. №19. – 6 с.
9. Ряднов А. И. Способ повышения равномерности загрузки системы очистки зерноуборочного комбайна/ А. И. Ряднов, С. В. Тронеv, И. П. Сворцов // Интеграция науки в производство – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в сталинградской битве. 30 января-01 февраля 2013 года. – Волгоград. – Том 5. – С. 152-156.
10. Тронеv С.В. Методика оценки функциональных возможностей рабочих органов зерноуборочного комбайна / С. В. Тронеv, А. И. Ряднов // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО. Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 28-30 января 2014 г. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. – Том 3. – С. 31-34.
11. Шорохов Ю.Г. Влияние выравнивности поточной хлебной массы на работу молотильно-сепарирующего устройства/Ю.Г. Шорохов, А.В. Авдеев // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора К. Г. Колганова, 7-9 сентября 2006 года. – Челябинск: ЧГАУ, 2006 – С. 185-193.
12. Шорохов Ю.Г. Повышение пропускной способности зерноуборочных комбайнов / Ю.Г. Шорохов, С.М. Пуховский // Разработка и совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Сборник научных трудов. – М.: МСХА, 1987.– С. 29-32.
13. Gach S. Effect of auger pitch in the auger-finger conveyor on the wotk of harvesting and threshing units in the grain combine harvester / S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr., 2003; N 44. - P. 23-27.
14. Gach S. Effect of reel slat number on uniformity of cereal mass feeding to the threshing unit and on threshing quality/ S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr., 2003; N 44. - P. 17-22.

15. Gach S. Effect of selected parameters of the auger-finger conveyor in grain combine harvester header on uniformity of crop mass distribution / S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr. - Warsaw, 2000; N 37. - P. 55-60.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bajzakova Zh.S. Tehnicheskie sredstva dlja uborki suhih korotkostebel'nyh zernovyh kul'tur [Technical equipment for cleaning of the short dry crops] / Zh.S. Bajzakova, M.S. Tojlybaev // Vestnik NGAU, Novosibirsk [Bulletin NGAU]. - 2012. - №3 (24). - P. 95-96. [in Russian]

2. Berdyshev V.E. Vlijanie neravnomernosti podachi voroha na kachestvo raboty ochistki zernouborochnogo kombajna [The impact of uneven flow heap on the quality of cleaning Harvester] / V.E. Berdyshev // Zemledel'cheskaja mehanika. Sbornik nauchnyh trudov MIISP. Tom XVII, Moscow [Agricultural Mechanics. Collection of scientific works MIISP. Vol. XVII]. - 1980. - P. 78-82. [in Russian]

3. Zaharov V.A. Metod ocenki zagruzki rabochih organov zernouborochnykh kombajnov tehnologicheskim materialom [Method of estimation download process material working bodies combine harvesters] / V.A. Zaharov // Tehnicheskie sredstva dlja obespechenija intensivnyh tehnologij vozdel'nyvanija i uborki sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Sbornik nauchnyh trudov MIISP, Moscow [Technical means to provide intensive technologies of cultivation and harvesting of crops. Collection of scientific works MIISP]. - 1989. - P. 97-100. [in Russian]

4. Ivancov V.I. Vlijanie neravnomernosti podachi hleboj massy na poteri pri obmolote [The impact of uneven supply of grain mass losses during threshing] / V.I. Ivancov // «Innovacija, jekologija i resursosberegajushhie tehnologii na predpriyatijah mashinostroenija, aviastroenija, transporta i sel'skogo hozjajstva». Trudy IX Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. - Rostov-na-Donu: IC DGTU ["Innovation, ecology and resource-saving technologies in the enterprises of mechanical engineering, aviation, transport and agriculture." Proceedings of the IX International Scientific and Technical Conference]. - 2010. - P.189-191. [in Russian]

5. Klenin N.I. Analiz tehnologicheskikh i jenergeticheskikh pokazatelej raboty molotil'nyh ustrojstv s barabanami, imejushhimi razlichnyj ugol naklona bichej [Analysis of technological and energy performance of threshing devices with drums having a different angle of inclination of pests] / N.I. Klenin, V.G. Egorov // Sel'skohozjajstvennye mashiny. Doklady MIISP. Tom VII. Vypusk I. Moscow [Agreecultural machines. Agreecultural equipment. Reports MIISP. Vol. VII]. - 1971. - P. 90-98. [in Russian]

6. Lovchikov A.P. Tehniko-tehnologicheskie osnovy sovershenstvovanija zernouborochnykh kombajnov s bil'nyim molotil'nyim apparatom [Technical and technological bases of perfection combine harvesters threshing machine with a hammer], Ul'janovsk: Zebra, 2016. - 111 p. [in Russian]

7. Lukinyh G.F. Issledovanie processa peremeshhenija hleboj massy razravnivajushhim ustrojstvom shnekovogo tipa zernouborochnogo kombajna [Study the process of moving grain mass screed screw-type combine harvester] / G.F. Lukinyh // Sovershenstvovanie uborki zernovyh kul'tur. Trudy ChIMJeSH. Vypusk 73. Cheljabinsk [Improving the harvesting of grain crops. Proceedings CHIMESKH. Issue 73]. - 1974. - P. 57-64. [in Russian]

8. Rjadnov A.I., Tronev S.V., Skvorcov I.P. Ochistka zernouborochnogo kombajna [Cleaning Harvester]. Pat. Rus. Fed. № 2486745. IPC A01F 12/44, A01F 12/52. Publ. 10.07.2013, Bul. №19. - 6 p. [in Russian]

9. Rjadnov A. I. Sposob povyshenija ravnomernosti zagruzki sistemy ochistki zernouborochnogo kombajna [A method for improving the uniformity of load combine harvester cleaning system] / A. I. Rjadnov, S. V. Tronev, I. P. Skvorcov // Integracija nauki v proizvodstvo – strategija ustojchivogo razvitija APK Rossii v VTO. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 70-letiju Pobedy v stalingradskoj bitve. 30 janvarja-01 fevralja 2013 goda, Tom 5. Volgograd [Integration of science into production - a strategy for sustainable development of agro-industrial complex of Russia in WTO. International scientific-practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Battle of Stalingrad. January 30-February 1, 2013, Vol. V]. - P. 152-156. [in Russian]

10. Tronev S.V. Metodika ocenki funkcional'nyh vozmozhnostej rabochih organov zernouborochnogo kombajna [Methodology to evaluate the functionality of the working bodies of the combine harvester] / S. V. Tronev, A. I. Rjadnov // Nauchnye osnovy strategii razvitija APK i sel'skih territorij v uslovijah VTO. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 28-30 janvarja 2014 g. Volgogradskij GAU, Tom 3, 2014 [Scientific basis for the strategy development of agribusiness and rural areas in the WTO. International scientific-practical conference, 28-30 January 2014, Vol. III]. - P. 31-34. [in Russian]

11. Shorohov Ju.G. Vlijanie vyravnnosti potочноj hleboj massy na rabotu molotil'no-separirujushhego ustrojstva [Influence of uniformity of grain mass flow to work threshing and separating device] / Ju.G. Shorohov, A.V. Avdeev // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija professora K. G. Kolganova, 7-9 sentjabrja 2006 goda, Cheljabinsk: ChGAU, 2006 [Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of birthday of Professor C.G. Kolganova, 7-9 September 2006]. - P. 185-193. [in Russian]

12. Shorohov Ju.G. Povyshenie propusknoj sposobnosti zernouborochnykh kombajnov [Increased capacity combine harvesters] / Ju.G. Shorohov, S.M. Puhovskij // Razrabotka i sovershenstvovanie rabochih organov sel'skohozjajstvennyh mashin. Sbornik nauchnyh trudov. Moscow: MSHA, 1987 [Development and improvement of the working bodies of agricultural machines. Collection of scientific papers]. - P. 29-32. [in Russian]

13. Gach S. Effect of auger pitch in the auger-finger conveyor on the work of harvesting and threshing units in the grain combine harvester / S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr., 2003; N 44. - P. 23-27.

14. Gach S. Effect of reel slat number on uniformity of cereal mass feeding to the threshing unit and on threshing quality / S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr., 2003; N 44. - P. 17-22.

15. Gach S. Effect of selected parameters of the auger-finger conveyor in grain combine harvester header on uniformity of crop mass distribution / S. Gach, C. Pintara // Ann. Warsaw Agr. Univ. Agr. - Warsaw, 2000; N 37. - P. 55-60.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.076>

Тронеv С.В.

Кандидат технических наук,

Волгоградский государственный аграрный университет

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕРНА ЗА ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ**Аннотация**

Разработан порядок расчета параметров контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой и молотилкой, который учитывает конструктивные и кинематические параметры зерноуборочного комбайна. По результатам расчета были изготовлены измерительные средства в виде резиновых коврикoв (форма № 1 с размерами 750x750x20 мм и форма № 2 – 750x100x20 мм). Применение резиновых коврикoв формы № 1 и № 2 позволяет исключить систематическую ошибку измерения, вызванную субъективными факторами ручного сбора потерянного зерна с учетной рамки.

Ключевые слова: измерительные средства, потери зерна, зерноуборочный комбайн.

Tronev S.V.

PhD in Engineering,

Volgograd state agrarian university

CALCULATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF MEASURING FACILITIES FOR DETERMINATION OF GRAIN LOSSES OF GRAIN HARVESTER**Abstract**

The procedure for calculation of the control section parameters for determination of the grain losses behind the header and thresher has been developed; it takes into account the design and kinematic parameters of the harvester. According to the results of calculation, measuring means are made in the shape of rubber mats (shape No. 1 with dimensions of 750x750x20 mm and shape No. 2 - 750x100x20 mm). The use of rubber mats of shapes No. 1 and No. 2 makes it possible to exclude a systematic measurement error caused by subjective factors of manual collection of lost grain from the accounting frame.

Keywords: measuring means, grain losses, grain harvester.

Определение потерь зерна является сложно определяемым показателем качества функционирования зерноуборочного комбайна. В соответствии ГОСТом 28301-2015 [3] при полевых испытаниях рекомендовано использовать пробоотборники (одноленточный, многоленточный, прицепной рамочный, эластичный резиновый). В условиях эксплуатации при оперативном контроле применяют измерительные средства: комбайн-контролер [2], [4], щит с резино-тканевой лентой [1], кассета со сборниками [5], емкость с внутренней подвижной перегородкой [6], мерный стаканчик [16], [17], а также используют ручной сбор [15].

Измерительные средства определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном можно разделить на две группы: первая используется для сплошного сбора и вторая – дискретного отбора.

В основном дискретный отбор используется для оперативного контроля, т.к. является менее трудоемким и не требует обработки большого объема выходного материала [12], [13]. Однако для получения истинного значения измеряемой величины необходимо устранить систематические ошибки, вызванные несовершенством измерительных устройств [11].

При многообразии измерительных средств дискретного отбора отсутствуют методики расчетов параметров пробоотборников. Поэтому необходимо разработать порядок расчета параметров контрольного участка для обоснования геометрических размеров измерительных средств оперативного контроля.

В соответствии ГОСТом 28301-2015 [3] ширина контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой равна ширине захвата жатки, а за молотилкой – ширине укладки валка соломы или разбрасывания незерновой части урожая.

Для снижения трудоемкости и объема обрабатываемого выходного материала необходимо минимизировать площади контрольных участков при определении потерь зерна за жаткой $S^{\text{ж}}$ и молотилкой $S^{\text{мл}}$ зерноуборочного комбайна. Поэтому $S^{\text{ж}}$ и $S^{\text{мл}}$ рассчитываются по формуле:

$$S^{\text{ж(мл)}} = L_{\min}^{\text{ж(мл)}} \cdot B^{\text{ж(мл)}}, \quad (1)$$

где $L_{\min}^{\text{ж}}$ и $L_{\min}^{\text{мл}}$ – соответственно минимальная длина контрольного участка при определении потерь зерна за молотилкой, м; $B^{\text{ж}}$ и $B^{\text{мл}}$ – соответственно ширина контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой и молотилкой, м.

Минимальная длина контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой $L_{\min}^{\text{ж}}$ и молотилкой $L_{\min}^{\text{мл}}$ равна

$$L_{\min}^{\text{ж(мл)}} = v_k \cdot t_{\min}^{\text{ж(мл)}}, \quad (2)$$

где v_k – скорость движения зерноуборочного комбайна, м/с; $t_{\min}^{\text{ж}}$ и $t_{\min}^{\text{мл}}$ – соответственно минимальное время прохождения контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой и молотилкой, с.

С учетом периодичной работой органов жатки и молотилки время $t_{\min}^{\text{ж}}$ и $t_{\min}^{\text{мл}}$ определим из выражения периода

$$t_{\min}^{ж(мл)} = \frac{2\pi}{\omega_p^{ж(мл)}} = \frac{60}{n_p^{ж(мл)}}, \quad (3)$$

где $\omega_p^{ж(мл)}$ и $n_p^{ж(мл)}$ – соответственно угловая скорость и частота вращения рабочих органов жатки и молотилки.

При работе зерноуборочного комбайна на прямом комбайнировании потери зерна за жаткой вызваны некачественной работой мотовила, режущего аппарата и шнека жатки [10].

Из анализа периодической работы органов жатки определим минимальную длину контрольного участка $L_{\min}^{ж}$, которая должна быть кратна:

- шагу планки мотовила

$$L_{\min}^{ж} \geq k_m \frac{60 \cdot v_k}{z_m \cdot n_m}, \quad (4)$$

где k_m – целое число циклов, выполненных планкой мотовила; z_m – число планок мотовила, шт.; n_m – частота вращения мотовила, мин^{-1} ;

- периоду работы режущего аппарата

$$L_{\min}^{ж} \geq k_p \frac{60 \cdot v_k}{n_p}, \quad (5)$$

где k_p – целое число периодов, выполненных режущим аппаратом; n_p – частота колебаний сегментов режущего аппарата, мин^{-1} ;

- периоду работы шнека

$$L_{\min}^{ж} \geq k_{ш} \frac{60 \cdot v_k}{n_{ш}}, \quad (6)$$

где $k_{ш}$ – целое число периодов, выполненных шнеком жатки; $n_{ш}$ – частота вращения шнека жатки, мин^{-1} .

С учетом наложения друг на друга контрольных участков при определении потерь зерна за рабочими органами жатки получим

$$\begin{cases} L_{\min}^{ж} \geq k_m \frac{60 \cdot v_k}{n_m \cdot z_m}, \\ L_{\min}^{ж} \geq k_p \frac{60 \cdot v_k}{n_p}, \\ L_{\min}^{ж} \geq k_{ш} \frac{60 \cdot v_k}{n_{ш}} \end{cases} \quad (7)$$

Для расчета минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой $L_{\min}^{ж}$ необходимо в выражение (7) подставить конструктивные и кинематические параметры жатки РСМ-081.27 с приводом «Шумахер» [5], которая используется зерноуборочными комбайнами РСМ-101 «Вектор - 410» и РСМ-142 «ACROS-530». При этом скорость движения зерноуборочного комбайна необходимо перевести из м/с в км/ч, а частоту вращения мотовила выберем из рекомендаций [10]. Результаты расчета представим в форме графика (рисунок 1).

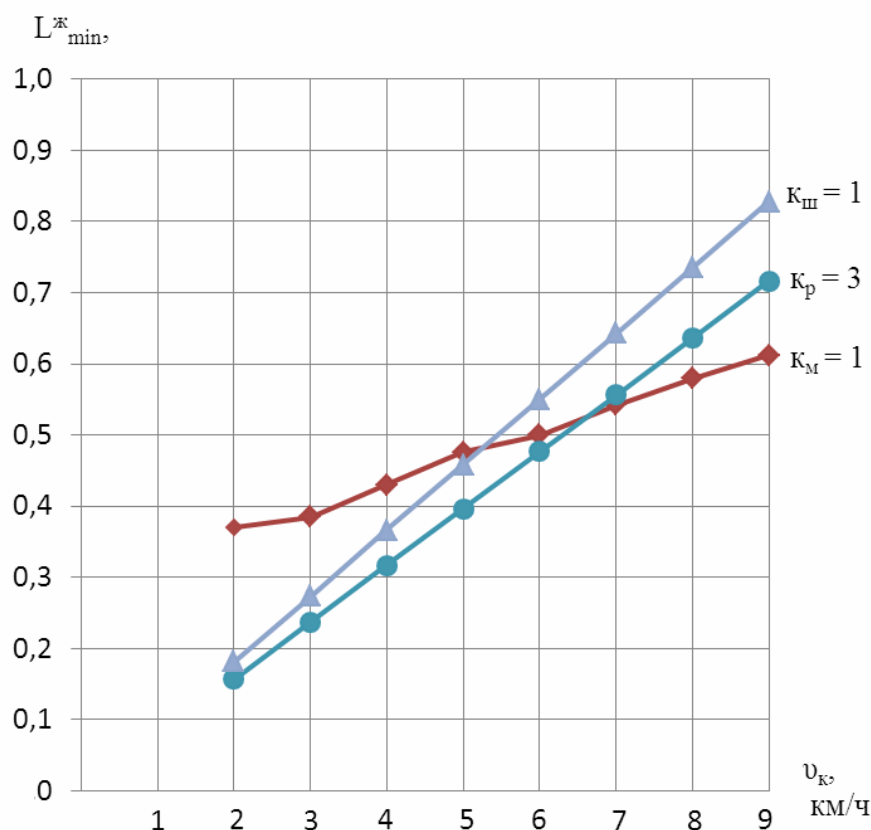


Рис. 1 – Расчет минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой L_{min}^j в зависимости от конструктивных и кинематических параметров мотовила (♦), шнека жатки (▲), режущего аппарата (●), а также скорости движения зерноуборочного комбайна v_k

Расчеты по выражению (7), представленные на рисунке 1, показали, что при скорости движения зерноуборочных комбайнов v_k до 5 км/ч минимальная длина контрольного участка при определении потерь зерна L_{min}^j должна быть не меньше 0,5 м, а при $v_k = 5 \dots 8$ км/ч $L_{min}^j \geq 0,75$ м.

Потери зерна за молотилкой обусловлены некачественной работой молотильного аппарата, соломотряса, верхнего решета, удлинителя, нижнего решета и устройства домолачивающего при работе зерноуборочного комбайна на прямом комбайнировании [10].

Так как данные рабочие органы расположены внутри молотилки, то минимальная длина контрольного участка $L_{min}^{мл}$ зависит от суммарных колебаний подачи хлебной массы, вызванных периодическими воздействиями рабочих органов молотилки. При суммировании колебаний с разными частотами следует учитывать только низкочастотные колебания, так как высокочастотные составляющие колебаний подводимого потока хлебной массы в молотильном устройстве, соломотрясе и решетах очистки демпфируются [14].

Из анализа периодической работы органов молотилки с низкой частотой колебаний определим минимальную ширину контрольного участка $L_{min}^{мл}$, которая должна быть кратна:

- периоду работы соломотряса

$$L_{min}^{мл} \geq k_c \frac{60 \cdot v_k}{z_c \cdot n_c}, \quad (8)$$

где k_c – целое число циклов, выполненных соломотрясом; z_c – число клавиш соломотряса, шт.; n_c – частота вращения приводного вала соломотряса, мин^{-1} .

- периоду работы очистки

$$L_{min}^{мл} \geq k_{оч} \frac{60 \cdot v_k}{n_{оч}}, \quad (9)$$

где $k_{оч}$ – целое число циклов, выполненных очисткой; $n_{оч}$ – частота вращения вала привода очистки, мин^{-1} .

С учетом наложения друг на друга контрольных участков при определении потерь зерна за рабочими органами молотилки получим

$$\begin{cases} L_{\min}^{\text{мл}} \geq \kappa_c \frac{60 \cdot v_k}{z_c \cdot n_c}, \\ L_{\min}^{\text{мл}} \geq \kappa_{\text{оч}} \frac{60 \cdot v_k}{n_{\text{оч}}} \end{cases} \quad (10)$$

Для расчета минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за молотилкой $L_{\min}^{\text{мл}}$ необходимо в выражение (10) подставить конструктивные и кинематические параметры молотилок зерноуборочных комбайнов РСМ-101 «Вектор - 410» [6] и РСМ-142 «ACROS-530» [7]. При этом скорость движения зерноуборочного комбайна необходимо перевести из м/с в км/ч. Результаты расчета представим в форме графика (рисунок 2 и 3).

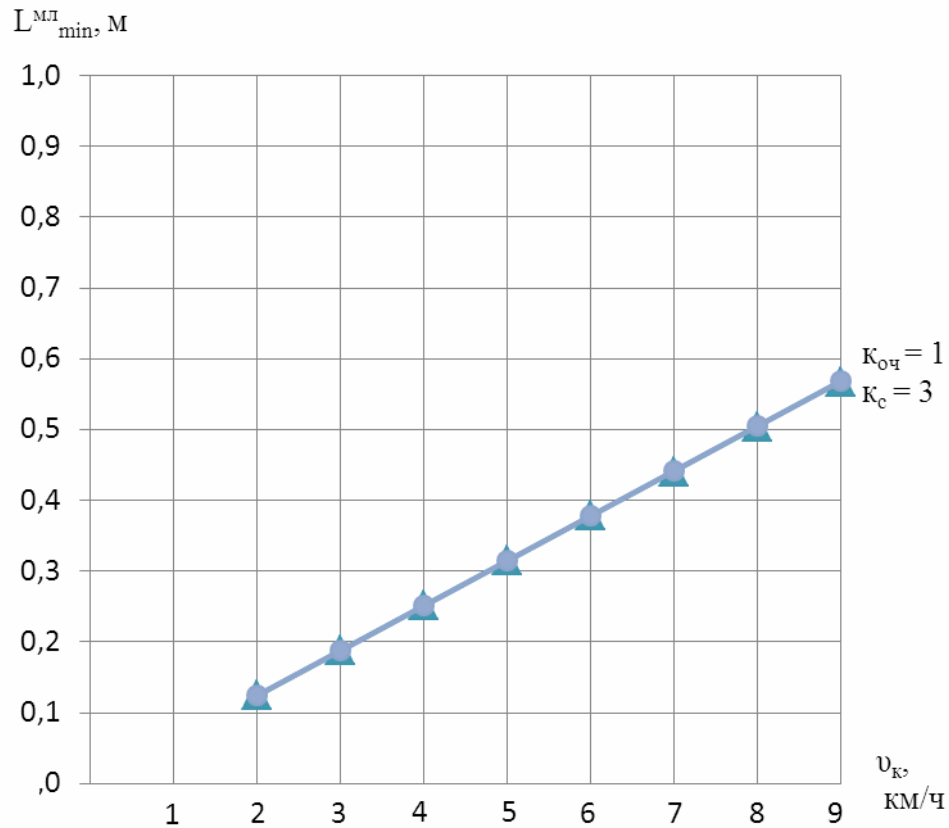


Рис. 2 – Расчет минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за молотилкой $L_{\min}^{\text{мл}}$ зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» в зависимости от конструктивных и кинематических параметров соломотряса (▲), очистки (●), а также рабочей скорости движения v_k

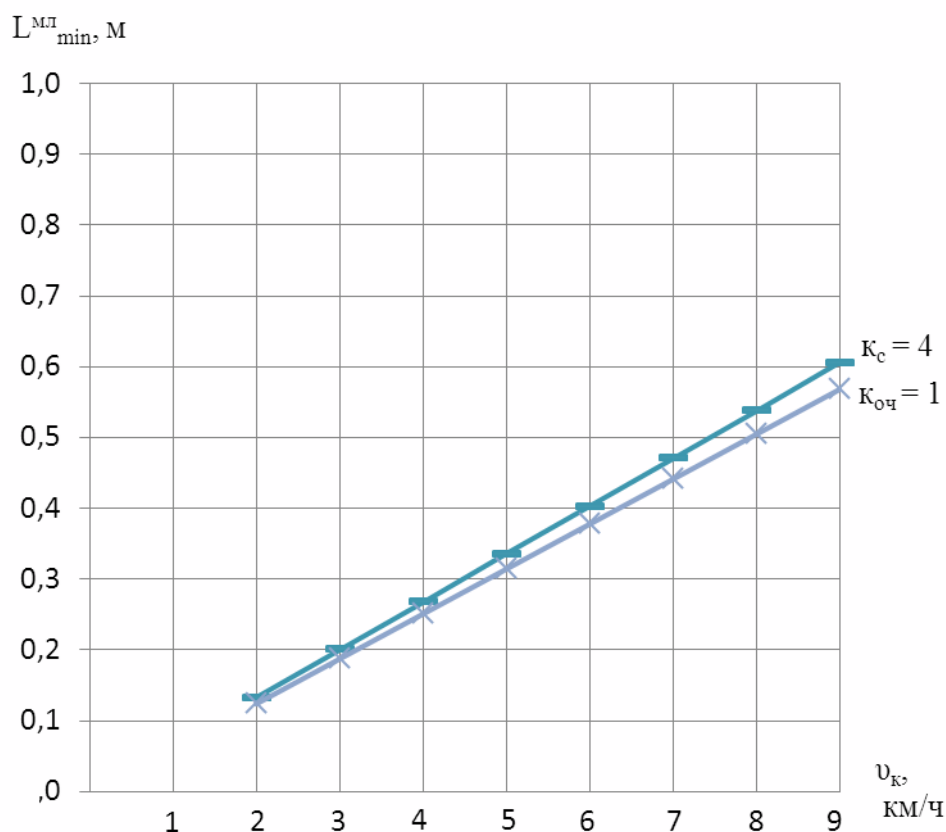


Рис. 3 – Расчет минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за молотилкой $L_{min}^{мл}$ зерноуборочного комбайна РСМ-142 «ACROS-530» в зависимости от конструктивных и кинематических параметров соломотряса (■), очистки (х), а также рабочей скорости движения v_k

Расчеты по выражению (10), представленные на рисунках 2 и 3, показали, что при скорости движения зерноуборочных комбайнов РСМ-101 «Вектор - 410» и РСМ-142 «ACROS-530» v_k до 5 км/ч минимальная длина контрольного участка при определении потерь зерна за молотилкой $L_{min}^{мл}$ должна быть не меньше 0,35 м, а при $v_k = 5 \dots 8$ км/ч $L_{min}^{ж} \geq 0,55$ м.

В соответствии с расчетом минимальной длины контрольного участка при определении потерь зерна за жаткой и молотилкой зерноуборочного комбайна были изготовлены резиновые коврики формы № 1 с размерами 750x750x20 мм (рисунок 4) и формы № 2 с размерами 750x100x20 мм (рисунок 5).

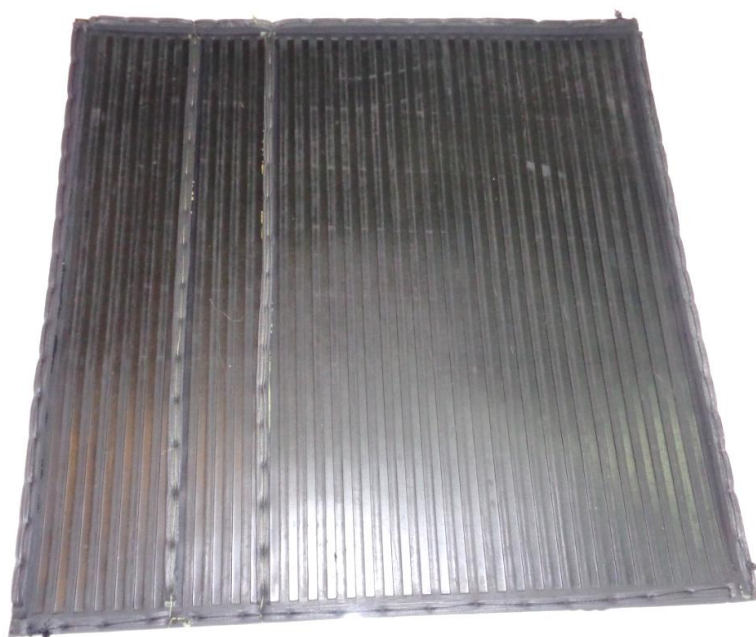


Рис. 4 – Резиновый коврик формы № 1 с размерами 750x750x20 мм



Рис. 5 – Резиновый коврик формы № 2 с размерами 750х100х20 мм

При одинаковой продолжительности операций расчетное значение математического ожидания суммарных потерь зерна за зерноуборочным комбайном, полученное с использованием резиновых ковриков формы №1 и №2, выше 0,2...0,3 % по сравнению с математическим ожиданием ручного сбора с учетной рамки.

Применение резиновых ковриков формы №1 и №2 исключает систематическую ошибку измерения, вызванную субъективными факторами ручного сбора потеряннного зерна с учетной рамки. Так как зерно и колос в процессе движения работающей машины просыпается на поверхность поля, проникает в расщелины почвы, а также оставшаяся стерня затрудняет подсчет потерь.

Список литературы / References

1. А. с. 843839 СССР, МКИ А01D 75/00. Устройство для определения потерь за зерноуборочным комбайном/ Ф.М. Скачков. – № 2857504/30-15; заявл. 25.12.79; опубли. 07.07.81, Бюл. № 25.
2. Васильев, Д.И. Оперативный контроль потерь зерна за комбайнами/ Д.И. Васильев// Технологии и комплексы машин для уборки зерновых культур и семенников трав в Сибири. – Новосибирск, 1989. – С. 34-38.
3. ГОСТ 28301-2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний/ Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинфорагротех» (КубНИИТиМ). – М.: Стандартинформ, 2016. – 33 с.
4. Ерохин, Г.Н. Оценка методов определения потерь зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации/ Г.Н. Ерохин, В.А. Саяпин, В.Н. Жданов// Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе. Ч. 4. – М., 1989. – С. 58.
5. Жатка РСМ-081.27. Руководство по эксплуатации. Версия 5 / ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 75 с.
6. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 «Вектор». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 8 / ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 450 с.
7. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-142 «ACROS». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 10/ ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 528 с.
8. Пат. 2125786 РФ, МПК А01D 75/00. Устройство для отбора проб соломы и половы зерноуборочных комбайнов/ В.Ф. Шолохов, Ф.В. Ковлягин, Н.Д. Антипец, Н.А. Записоцкий; опубли. 10.02.1999. Бюл. № 4. – 6 с.
9. Пат. 2137346 РФ, МПК А01D 75/00. Устройство для определения потерь зерноуборочного комбайна/ Ю.Д. Ахламов, Г.А. Гоголев, С.А. Отрошко, Н.И. Переправо, А.В. Шевцов; опубли. 20.09.1999. Бюл. № 26. – 5 с.
10. Руденко, Н.Е. Технологические возможности комбайнов «Дон-1500»: учебное пособие / Н.Е. Руденко, В.Г. Захарченко, С.А. Овсянников; под ред. Н.Е. Руденко. – Ставрополь: АГРУС, 2006. – 72 с.
11. Румшинский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: «Наука», 1971. – 192 с.
12. Ряднов, А. И. Метод оценки качества работы зерноуборочных комбайнов / А. И. Ряднов, С. В. Тронеv, И. П. Скворцов // Аграрная наука - основа успешного развития АПК и сохранения экосистем. Материалы Международной научно-практической конференции 31 января-2 февраля 2012 г., г. Волгоград. – 2012. – Т. 3. – С. 205-208.
13. Ряднов, А. И. Теоретическое обоснование нового способа оценки качества работы зерноуборочного комбайна / А. И. Ряднов, С. В. Тронеv, И. П. Скворцов // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг., 03-05 февраля 2015 года. – Волгоград. – Том 2. – С. 41-44.
14. Серый, Г.Ф. Зерноуборочные комбайны/ Г.Ф. Серый, Н.И. Косилов, Ю.Н. Ярмашев, А.И. Русанов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 248 с.
15. Табашников, А.Т. Оптимизация уборки зерновых и кормовых культур. – М.: Агропромиздат, 1985. – 159 с.
16. Fechner, W. Okonomische Bewertung von Kornverlusten/ W. Fechner, Z. Al-Ibrahim// Neue Landwirtsch., 1999; no. 6. – P. 74-77.
17. Fechner, W. Kornverluste einfacher bestimmen/ W. Fechner, Z. Al-Ibrahim// Neue Landwirtsch., 1998; no. 12. – P. 79-81.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Skachkov F.M. Ustrojstvo dlja opredelenija poter' za zernouborochnym kombajnom [The device for determining the loss of the combine harvester] A. s. 843839 SSSR, IPC A01D 75/00. Publ. 07.07.81, Bul. №25. – 3 p. [in Russian]
2. Vasil'ev D.I. Operativnyj kontrol' poter' zerna za kombajnami [Operational control of losses for grain harvesters]/ D.I. Vasil'ev// Tehnologii i komplekсы mashin dlja uborki zernovykh kul'tur i semennikov trav v Sibiri. Novosibirsk, 1989 [Technologies and machines complexes for harvesting crops and grass seeds in Siberia]. – P. 34-38. [in Russian]
3. GOST 28301-2015 Kombajny zernouborochnye. Metody ispytaniy [Grain-harvesting combines. Test methods]/ Novokubanskij filial FGBNU «Rosinforagroteh» (KubNIITiM). – M.: Standartinform, 2016. – 33 p. [in Russian]
4. Erohin, G.N. Ocenka metodov opredelenija poter' zerna za molotilkoj zernouborochnyh kombajnov v uslovijah real'noj jekspluatcii [Evaluation of methods for determining grain loss of the thresher combine harvester in a real operation]/ G.N. Erohin, V.A. Sajapin, V.N. Zhdanov// Mehanizacija i avtomatizacija tehnologicheskikh processov v agropromyshlennom

komplekse. Ch. 4. M, 1989 [Mechanization and automation of technological processes in the agricultural sector. Vol. 4]. – P. 58. [in Russian]

5. Zhatka RSM-081.27. Rukovodstvo po jekspluatacii. Versija 5 [Maize PCM 081.27. Manual. Version 5]/ ООО «KZ «Rostsel'mash» – g. Rostov-na-Donu: ООО «KZ «Rostsel'mash». – 75 p. [in Russian]

6. Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-101 «Vektor». Instrukcija po jekspluatacii i tehničeskemu obsluzhivaniju. Versija 8 [Self-propelled harvester RSM-101 "Vector". Instructions for use and maintenance. Version 8]/ ООО «KZ «Rostsel'mash» – g. Rostov-na-Donu: ООО «KZ «Rostsel'mash». – 450 p. [in Russian]

7. Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-142 «ACROS». Instrukcija po jekspluatacii i tehničeskemu obsluzhivaniju. Versija 10 [Self-propelled harvester RSM-142 «ACROS». Instructions for use and maintenance. Version 10]/ ООО «KZ «Rostsel'mash» – g. Rostov-na-Donu: ООО «KZ «Rostsel'mash». – 528 p. [in Russian]

8. Sholohov V.F., Kovljagin F.V., Antipec N.D., Zapisockij N.A. Ustrojstvo dlja otbora prob solomy i polovy zernouborochnyh kombajnov [Device for the selection of samples of straw and chaff combine harvesters]. Pat. Rus. Fed. № 2125786. IPC A01D 75/00. Publ. 10.02.1999, Bul. № 4. – 6 p. [in Russian]

9. Ahlamov Ju.D., Gogolev G.A., Otroshko S.A., Perepravo N.I., Shevcov A.V. Ustrojstvo dlja opredelenija poter' zernouborochnogo kombajna [Apparatus for determining the loss Harvester]. Pat. Rus. Fed. № 2137346 RF, IPC A01D 75/00. Publ. 20.09.1999, Bul. № 26. – 5 p. [in Russian]

10. Rudenko N.E. Tehnologicheskie vozmozhnosti kombajnov «Don-1500»: uchebnoe posobie [Technological capabilities combine harvesters "Don-1500": a training manual]/ N.E. Rudenko, V.G. Zaharchenko, S.A. Ovsjannikov; pod red. N.E. Rudenko. – Stavropol': AGRUS, 2006. – 72 p. [in Russian]

11. Rumshinskij L.Z. Matematicheskaja obrabotka rezul'tatov jeksperimenta [The mathematical processing of the experimental results]. – M.: «Nauka», 1971. – 192 p. [in Russian]

12. Rjadnov, A. I. Metod ocenki kachestva raboty zernouborochnyh kombajnov [Quality Assessment Method of work of combine harvesters] / A. I. Rjadnov, S. V. Tronev, I. P. Skvorcov // Agrarnaja nauka - osnova uspešnogo razvitija APK i sohraneniya jekosistem. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii 31janvarja-2 fevralja 2012 g., T. 3. g. Volgograd., 2012 [Agricultural science - the basis for successful development of agriculture and the preservation of ecosystems. International scientific-practical conference on February 31 January-February 2012, Vol. 3]. – P. 205-208. [in Russian]

13. Rjadnov A. I. Teoreticheskoe obosnovanie novogo sposoba ocenki kachestva raboty zernouborochnogo kombajna [The theoretical justification for a new method of evaluating the performance of the combine harvester]/ A. I. Rjadnov, S. V. Tronev, I. P. Skvorcov // Strategicheskoe razvitie APK i sel'skih territorij RF v sovremennyh mezhdunarodnyh uslovijah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj 70-letiju Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941-1945 gg., 03-05 fevralja 2015 goda. Tom 2. 2015 [Strategic development of agro-industrial complex and rural territories of the Russian Federation in the current international context: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 70th anniversary of Victory in the Great Patriotic War of 1941-1945, 03-05 February 2015. Vol. 2]. – P. 41-44. [in Russian]

14. Seryj G.F. Zernouborochnye kombajny [Combine harvesters]/ G.F. Seryj, N.I. Kosilov, Ju.N. Jarmashev, A.I. Rusanov. – M.: Agropromizdat, 1986. – 248 p. [in Russian]

15. Tabashnikov A.T. Optimizacija uborki zernovyh i kormovyh kul'tur [Optimization of harvesting grain and forage crops]. – M.: Agropromizdat, 1985. – 159 p. [in Russian]

16. Fechner W. Okonomische Bewertung von Kornverlusten/ W. Fechner, Z. Al-Ibrahim// Neue Landwirtsch., 1999; no. 6. – P. 74-77.

17. Fechner W. Kornverluste einfacher bestimmen/ W. Fechner, Z. Al-Ibrahim// Neue Landwirtsch., 1998; no. 12. – P. 79-81.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.091>Шанин И.М.¹, Тишкин А.С.²^{1,2}Аспирант, Санкт-Петербургский горный университет**ИНТЕГРИРОВАННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕРИЕЙ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ****Аннотация**

В работе рассмотрены и предложены подходы организации сетей сбора мониторинговых входных данных и их передачи, обработки, визуализации для управления технологическими процессами для получения высококачественной продукции с высоким выходом по току. Приведены блок-схемы различных методов оптимизации, применяемых в системах автоматизации промышленных процессов и производств в электролизном производстве алюминия. Проведено сравнение рассмотренных методик и показана реализация и интегрирование их в действующее производство на типовой серии электролизеров.

Предложена архитектура интегрированной промышленной сети мониторинга процессов электролизного производства. Проведен анализ подходов к построению компьютеризированных систем при электролитическом производстве алюминия.

Ключевые слова: электролиз, алюминий, SCADA-система, электролизное производство, сенсорные сети, абонентские системы, беспроводные сети.

Shanin I.M.¹, Tishkin A.S.²^{1,2}Postgraduate student, Saint-Petersburg mining university**INTEGRATED COMPUTER NETWORK FOR REMOTE PARAMETER MONITORING AND DIGITAL CONTROL OF ALUMINUM ELECTROLYSIS SERIES****Abstract**

The paper considers the proposed approaches in networking for gathering monitoring input data and their transmission, processing, visualization to control the production process of high-quality products with high current output. The paper presents a block diagram of various optimization methods used in the industrial process automation systems in the aluminum electrolytic production. A comparison of the considered techniques is carried out, as well as their implementation and integration into the existing production on the standard series of electrolytic. The architecture of the integrated industrial network for monitoring of electrolysis production is presented in the work, the analysis of approaches to the construction of computerized systems in the electrolytic production of aluminum is presented as well.

Keywords: electrolysis, aluminum, SCADA-system, electrolysis production, sensor networks, subscriber systems, wireless networks.

Мировая экономическая ситуация, сложившаяся в настоящее время, требует от металлургических предприятий выпуска продукции, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках в виде продукции с высокой добавочной стоимостью.

Анализ современных систем управления процессом электролиза криолит-глиноземного расплава, показал, что необходимо вести более точный контроль сбора и обработки информации о состоянии каждого электролизера серии. Для устойчивого функционирования работы таких предприятий необходимо эффективно представлять эту информацию операторам в виде различного рода графиков и таблиц с использованием обработки полученных ранее данных на основе прогноза всего процесса. В настоящее время все большее распространение получает концепция управления предприятием на основе понятия жизненного цикла изделия, под которым понимают интервал времени от момента осознания потребности в изделии до момента окончания его обслуживания у пользователя.

Развитие промышленного производства характеризуется широким внедрением новейших достижений науки и техники, обеспечивающих повышение технико-экономической эффективности производства для получения конкурентоспособной продукции. Изучение и решение проблем повышения качества управления процессом изучено в работах [1-3]. Повышение эффективности работы предприятий в значительной степени определяется качеством и обоснованностью проектных решений, применением автоматизированных комплексов мониторинга, экспертных систем диагностики технологического состояния производственных объектов и, преобразованными при помощи прикладных программных, пакетов управляющих воздействий.

Ключевыми проблемами повышения качества производства контроль и поддержка в заданных пределах характеристик и параметров технологических процессов электролиза, показателей и параметров исходных материалов и режимов работы оборудования, а также оперативное выявление и замена некондиционных шихтовых материалов, прогнозирование неисправностей оборудования и т.д. Эти задачи решаются с помощью многоуровневой интегрированной компьютерной сети мониторинга и системы контроля и диспетчеризации процесса (SCADA-систем) [4].

Основной задачей работы являлся анализ комплекса проблем, связанных с автоматизацией производства алюминия электролизом криолит-глиноземного расплава, а также анализ характеристик сетевых устройств сбора, обработки, кодирования и передачи информации для построения малогабаритных и мобильных средств оценки и коррекции состояний объектов, например электролизной серии.

Внедрение интегрированной компьютерной сети дистанционного мониторинга параметров технологических процессов с системой диспетчеризации SCADA, средств обработки и передачи информативных данных, характеризующих качество выполнения технологических процессов всего цикла производства продукции, позволит в целом эффективно организовать управление производством с учетом минимизации затрат и повышения качества продукции электролизной серии – первичного алюминия.

Построение интегрированной сети промышленного назначения на основе беспроводных сенсорных и локальных сетей

Применение интегрированной сети беспроводных контролеров и автономных сенсоров – перспективное направление автоматизации технологических процессов электролизного и литейного производства алюминия, которое позволяет контролировать процессы, протекающие в мобильных элементах производства (транспортирование, переливные устройства, ковши с расплавленным металлом и т. д.).

Каждый элемент сети организован по структуре, показанной на рисунке 1[1].

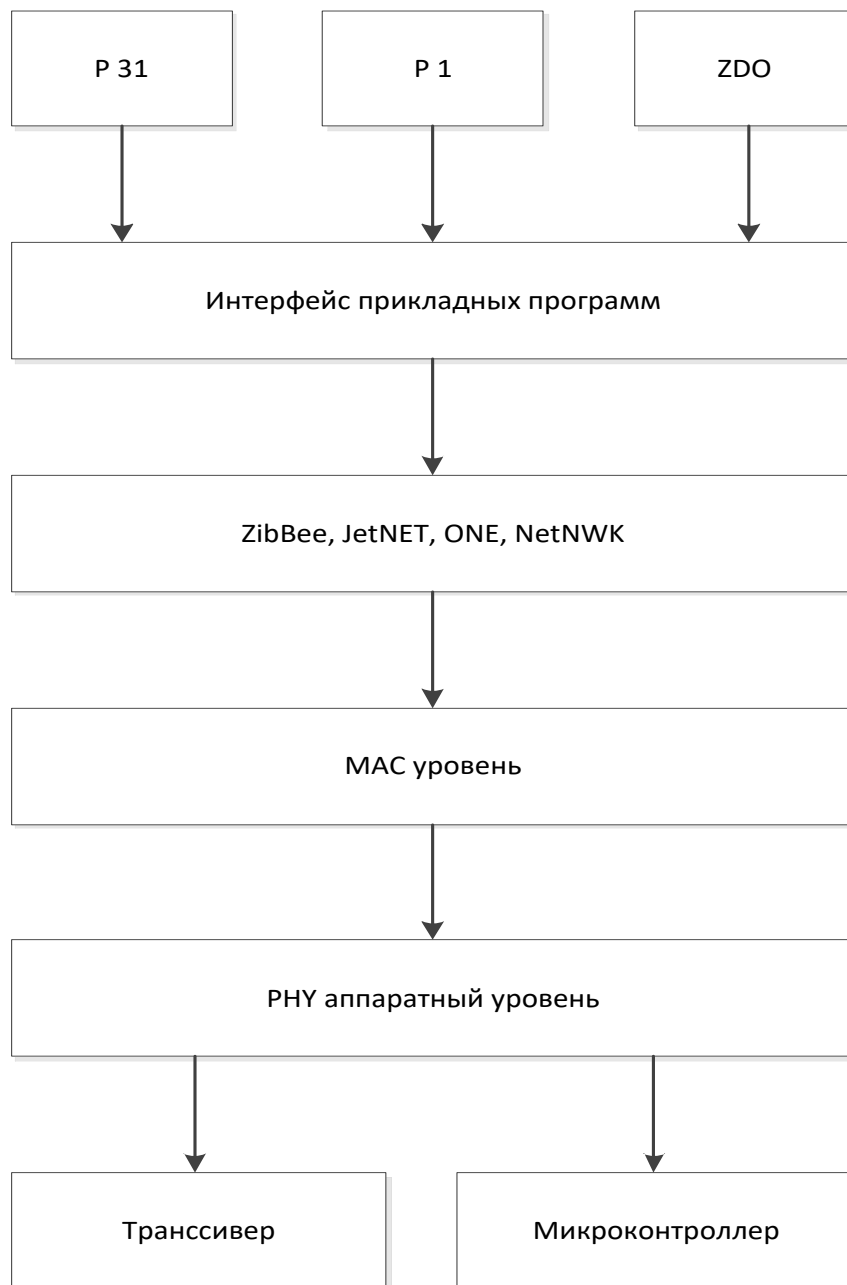


Рис. 1 – Структурная схема элемента беспроводной сети стандарта IEEE 802.15.4

Архитектура интегрированной промышленной сети мониторинга процессов электролизного производства представлена на рисунке 2. В представленной архитектуре низовой уровень (уровень формирования технологических данных) реализован соответственно стандарту IEEE 802.15.4. Данный стандарт регламентирует реализацию беспроводного физического и канального уровней низовой сети.

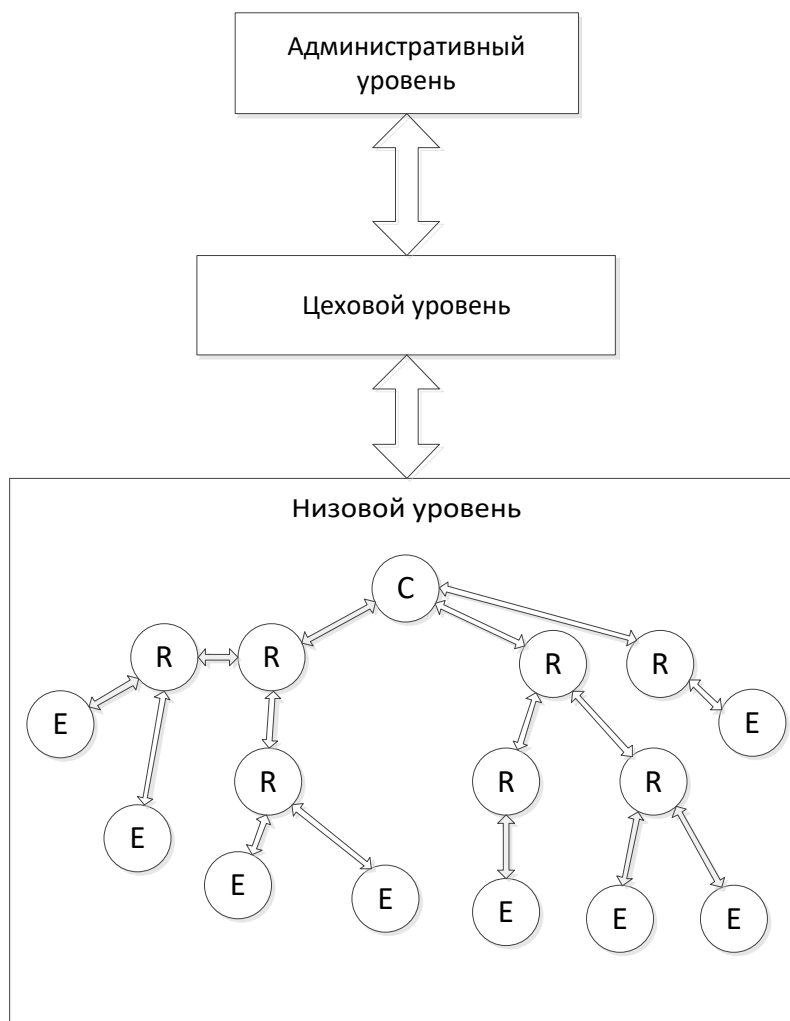


Рис. 2 – Структурная схема архитектуры интегрированной промышленной сети мониторинга процессов электролизного производства
(R – ретранслятор, С – координатор, Е – конечное устройство)

Построение абонентских систем на объектах мониторинга электролизного производства алюминия

Абонентская система мониторинга параметров технологического процесса электролизного производства должна состоять из таких функциональных блоков: измерения, цифровой обработки, коммуникационного и бесперебойного питания (Рис.3) [6].

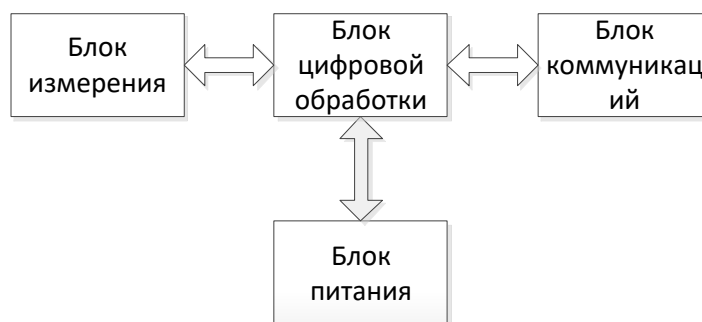


Рис. 3 – Структурная схема архитектуры абонентской системы

Абонентскую систему предлагается реализовать на базе микроконтроллера, например при отслеживании значений температуры, поступающих с ванн-свидетелей электролизной серии. Преимущества применения модулей: надежные и безопасные беспроводные системы с низким энергопотреблением, сети датчиков на основе беспроводных компонентов, промышленная и домашняя автоматика и управление, системы телеметрии и мониторинга. Промышленный температурный диапазон от -25 до +90 °С. Линейка модулей, позволяет пользователю создать

IEEE802.15.4 или совместимую систему за минимальное время. Благодаря данным модулям нет необходимости в дорогостоящей и продолжительной разработке дизайна платы и проведении набора тестов. В модулях реализовано взаимодействие с беспроводным микроконтроллером типа JN5139, что позволяет получить комплексное высокопроизводительное решение. Для ввода в строй беспроводного контрольно-измерительного продукта нужно лишь подсоединить источник питания и периферийные устройства (переключатели, приводы, датчики).

Существует 5 вариантов исполнения аппаратной части модулей, которые имеют встроенную антенну, антенный коннектор, усилитель мощности и МШУ для обеспечения большой дальности связи. В каждый из вариантов модулей предварительно запрограммирован сетевой протокол, который может быть встроен в действующую систему автоматизации электролизной серии как отдельный независимый элемент, повышающий степень управляемости.

Выводы

Электролизное производство алюминия требует интеграции и взаимодействия всех автоматизированных систем контроля и управления качеством производства. Большая роль в организации контроля качества производства принадлежит сетевым объектным системам, осуществляющим ввод, фильтрацию, сжатие, защиту данных и помехоустойчивое кодирование пакетов информации.

Для эффективного контроля и управления качеством электролизного производства необходимо организовать сбор, обработку и передачу на верхние уровни интегрированной сети технологических и измерительных данных, являющихся информационными образами текущих технологических процессов.

Системы быстрого прототипирования и SCADA- системы, организованные на базе беспроводных компьютерных сетей типа IEEE802.15.4, – перспективные технологии развития современного высокоэффективного литейного производства. Для оценки входных и выходных потоков данных на объектных системах компьютерных сетей контроля качества производства предложена структура трехуровневой интегрированной компьютерной сети, построенная на базе беспроводных каналов связи.

Список литературы/References

1. Борисоглебский Ю.В. Металлургия алюминия / Борисоглебский Ю.В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я., Сиразутдинов Г.А. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – 438 с.
2. Лисецкий Ю.М. Пример построения корпоративной интегрированной информационной системы / Лисецкий Ю. М., Бобров А. Н. // УСиМ. – 2007. – № 6. – С. 9-16.
3. Хазан Г.Л. Диагностика состояния многофакторного процесса / Г.Л. Хазан, А.Г. Бабенко, В.Ю. Бажин // Расплавы. 2006. № 1. С. 28-35.
4. Bazhin V.Yu.. Optoelectronic method for monitoring the state of the cryolite melt in aluminum electrolyzers / Bazhin V.Yu., Boikov A.V., Sman A.V., Ivanov P.V. // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2015, Vol. 56, No. 1, pp. 6–9.
5. Petrov P.A. Developing software for the feed-control systems of high-power aluminum reduction cells / Petrov P.A., Sharikov Yu.V., Vlasov A.A., Bazhin V.Yu., Feoktistov A.Yu // Metallurgist, Vol. 58, No. 11–12, March, 2015, pp. 1060 – 1063..
6. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006.
7. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации / Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
8. Кузьмина И.А. Развитие систем автоматизации от SCADA к MES на базе современных технологий от Invensys Wonderware / И. А. Кузьмина, А. Д. Павлюченко // Автоматизация производства. №7. 2007. - С. 22-26.
9. Bazhin V. Yu. A contactless method of measuring the cryolite ratio in the electrolytic production of aluminium / V. Yu. Bazhin, A. V. Boikov, P. V. Ivanov // Measurement Techniques, May 2015, Vol. 58, № 2, pp. 219-222.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Borisoglebskij Ju.V. Metallurgija aljuminija [Metallurgy of aluminium] / Borisoglebskij Ju.V., Galevskij G.V., Kulagin N.M., Mincis M.Ja., Sirazutdinov G.A. - Novosibirsk: Nauka. Sibirskaia izdatel'skaja firma RAN, 1999, 438 s.
2. Liseckij Ju. M., Bobrov A.N. Primer postroenija korporativnoj integrirovanno informacionnoj sistemy [The example of the construction of the corporate integrated information system] // USiM. – 2007. – № 6. – С. 9-16.
3. Hazan G.L. Diagnostika sostojanija mnogofaktornogo processa [Diagnostics of multivariate process] / G.L. Hazan, A.G. Babenko, V.Ju. Bazhin // Rasplavy. 2006. № 1. S. 28-35.
4. Bazhin V.Yu. Optoelectronic method for monitoring the state of the cryolite melt in aluminum electrolyzers / Bazhin V.Yu., Boikov A.V., Sman A.V., Ivanov P.V. // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2015, Vol. 56, No. 1, pp. 6–9.
5. Petrov P.A. Developing software for the feed-control systems of high-power aluminum reduction cells / Petrov P.A., Sharikov Yu.V., Vlasov A.A., Bazhin V.Yu., Feoktistov A.Yu. // Metallurgist, Vol. 58, No. 11–12, March, 2015, pp. 1060 – 1063..
6. Mirosnik I.V. Teorija avtomaticheskogo upravlenija. Nelinejnye i optimal'nye sistemy [Theory of automatic control. Nonlinear and optimal system]. – SPb.: Piter, 2006.
7. Suharev A.G. Kurs metodov optimizacii [The course methods of optimization] / Suharev A.G., Timohov A.V., Fedorov V.V. – М.: Nauka, 1986. – 328 s.
8. Kuz'mina I.A. Razvitie sistem avtomatizacii ot SCADA k MES na baze sovremennyh tehnologij ot Invensys Wonderware [The development of automation systems from SCADA to MES based on modern technologies from Invensys Wonderware] / I. A. Kuz'mina, A. D. Pavljuchenko // Avtomatizacija proizvodstva. №7. 2007. – P. 22-26
9. Bazhin V. Yu. A contactless method of measuring the cryolite ratio in the electrolytic production of aluminium / V. Yu. Bazhin, A. V. Boikov, P. V. Ivanov // Measurement Techniques, May 2015, Vol. 58, № 2, pp. 219-222.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.125>Ширинзаде И.Н.¹, Ахмедов Н.М.²¹ORCID: 0000-0002-9847-6079, Доктор технических наук, профессор; ²старший преподаватель,

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИБРОБЕТОНА**Аннотация**

Обеспечение эффективности при строительстве, реконструкции и ремонте транспортных сооружений может быть достигнуто использованием фибробетона, обладающим высокими деформационными свойствами. В данной статье рассмотрена возможность использования комплексных добавок для оптимизации состава фибробетона с высокими деформационными свойствами. Было установлено, что использование химических и ультрадисперсных добавок в составе фибробетона в значительной степени повышает прочность на сжатие и изгиб. Это связано с тем, что применение стальной фибры позволяет выполнить армирование бетона по всему объему равномерно, что благоприятно влияет на распределение напряжений в бетонном массиве и приводит к уменьшению напряжений в опасных зонах.

Ключевые слова: фибробетон, стальные фибры, трещиностойкость, микродисперсные добавки, химические добавки.

Shirinzade I.N.¹, Ahmedov N.M.²¹ORCID: 0000-0002-9847-6079, PhD in Engineering, professor, ²senior lecturer,

Azerbaijan Architecture and Construction University

WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIBER CONCRETE**Abstract**

Ensuring the effectiveness of the construction, reconstruction and repair of transport facilities can be achieved using fiber concrete, having high deformation properties. This article describes the use of complex additives to optimize fiber concrete structure with high deformability properties. It has been found that the use of chemical additives and a fine fiber concrete composition greatly increases the compressive strength and flexural strength. This is related with use of steel fiber which makes available concrete reinforcement on whole volume equally; therefore it positively affects on distribution of voltage in concrete and led to decrease of voltage dangerous places.

Keywords: fiber concrete, steel fibers, crack resistance, microfine additives, chemical additives.

Очень сложные и жесткие эксплуатационные условия, в которых работают дорожные покрытия, предусматривают особые требования, предъявляемые к материалам. Цементобетонные покрытия автомобильных дорог работают в условиях сложного напряженного состояния под действием повторных динамических нагрузок от автомобилей. В то же время для искусственных конгломератов на основе цемента (бетон также является конгломератом) характерно наличие внутреннего напряженного состояния, которое показывает, что он состоит из различных материалов и в течении длительного периода продолжается процесс твердения.

Основным материалом, формирующим свойства дорожных бетонов, является портландцемент. Высокие требования, предъявляемые при изготовлении бетонов для дорожных покрытий, требуют использовать специальные виды цемента. Основным вяжущим материалом в цементобетонных покрытиях автомобильных дорог является пластифицированный и гидрофобный портландцемент.

Для улучшения свойств бетонов при строительстве, реконструкции и ремонте транспортных сооружений используется дисперсное армирование [1 р. 61, 2 р.60, 3]. Для повышения эффективности использования фибробетона требуется их оптимизация на макро (подбор оптимального количества фиброматериала) и микро (применение вяжущих материалов, модифицированных химическими и дисперсными добавками) уровне.

В данной статье рассмотрено применение модифицированных вяжущих материалов для повышения эффективности фибробетона на микроуровня.

Улучшение и регулирование свойств бетона и его основного компонента – портландцемента, невозможно без модификаторов. Использование модификаторов является одним из наиболее важных факторов в реализации возможности получения высококачественного бетона.

Однако известно, что в Азербайджанской Республике реализовано производство пластифицированных и гидрофобных портландцементов. Цель данной работы изготовление бетона с высокими техническими свойствами на основе обычного портландцемента.

Для этого были рассмотрены следующие вопросы: изучение влияния на свойства фибробетона добавок оксида микрокремнезема, модификация супер пластифицирующих добавок цемента с добавками оксида микрокремнезема, а также связь фибры с матрицей бетона.

Одним из основных свойств дорожных бетонов является их деформативность, т.е. способность подвергаться деформациям под воздействием температуры и внешней нагрузки. Деформативность бетона оценивается модулем упругости, коэффициентом линейного расширения и коэффициентом Пуассона. Деформация бетона уменьшается с уменьшением количества воды, используемой для приготовления бетонной смеси, а также с уменьшением количества пузырьков воздуха в составе песка и бетонной смеси. Это достигается за счет уменьшения количества щебня и ограничение количества воздуха в пределах 4-6%.

В настоящее время, в практике дорожного строительства используются бетоны класса прочности на растяжение и изгиб выше чем В 4.8. Такие бетоны обладают высокими деформационными свойствами и в тоже время высокой трещиностойкостью. Основной причиной увеличения прочности бетона, в последние годы, это использование химических добавок в технологии изготовления, в результате чего водно-цементное отношение уменьшилось до значения 0.28-0.38. Класс прочности на сжатие полученных бетонов выше В 35, они устойчивы к износу и обладают

повышенной трещиностойкостью. Такие бетоны в соответствии с европейскими стандартами называют HPC (High Performanse Concrete) [4 p.6, 5 p.3].

Согласно Европейским Стандартам [4 p.17, 5 p.12] в бетонах, используемых для транспортных сооружений, для повышения долговечности и устойчивости к воздействию окружающей среды, требуется особое внимание уделять их составу, поскольку они регулярно подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды. В соответствии с этими стандартами бетоны, используемые при строительстве дорог и мостов, в зависимости от воздействия окружающей среды должны соответствовать классу **XD3** (против воздействия солей хлора), **XC4** (морозоустойчивость), и **XF4** (против воздействия углекислого газа).

При исследовании использовались образцы, изготовленные из портландцемента класса **KLASS A CEM II/A-P 42,5R** компании «NORM»; с добавкой **Master Air 200B** (BASF), а также с добавкой оксида микросиликата (MSO); щебня, полученные при дроблении речного камня и речного песка с модулем крупности $IM=2$.

Для определений марки бетона были изготовлены образцы кубической формы с размерами 150x150x150 мм, для определения прочности на растяжение образцы с размерами 100x100x400 мм.

Добавки, используемые для привлечения пузырьков воздуха при изготовлении фибробетона, способствуют увеличению пластичности бетонной смеси, что приводит к уменьшению количества воды в составе смеси и получения более плотной текстуры бетонного массива.

Для получения более плотной структуры на микроуровне, ультрадисперсные добавки играют очень важную роль при производстве цемента и бетона. Для получения более плотной структуры на микроуровне при производстве цемента и бетона ультрадисперсные добавки играют очень важную роль. Одной из таких добавок, которую успешно применяют в технологии бетона, это микросилика. Микросилика - продукт отхода в процессе производства ферросилиция и содержит более 90% аморфного SiO_2 сферической формы (таблица 1).

Таблица 1 – Механические свойства бетона, модифицированные комплексными добавками

№	Показатели	Результат испытаний
1	Разрушение конуса бетонной смеси, см	21
2	Плотность бетонной смеси, kg/m^3	2500
3	Предел прочности на сжатие после 7 суток твердения бетона, МПа	39
4	Предел прочности на сжатие после 28 суток твердения бетона, МПа	56
5	Предел прочности на растяжение после 28 суток твердения бетона, МПа	20

Дисперсность микросилики, которая использована при исследовании, была определена методом лазерной гранулометрии при помощи прибора MASTERSIZER 3000 (Германия), в лаборатории цементного завода «NORM» (рисунок 1).

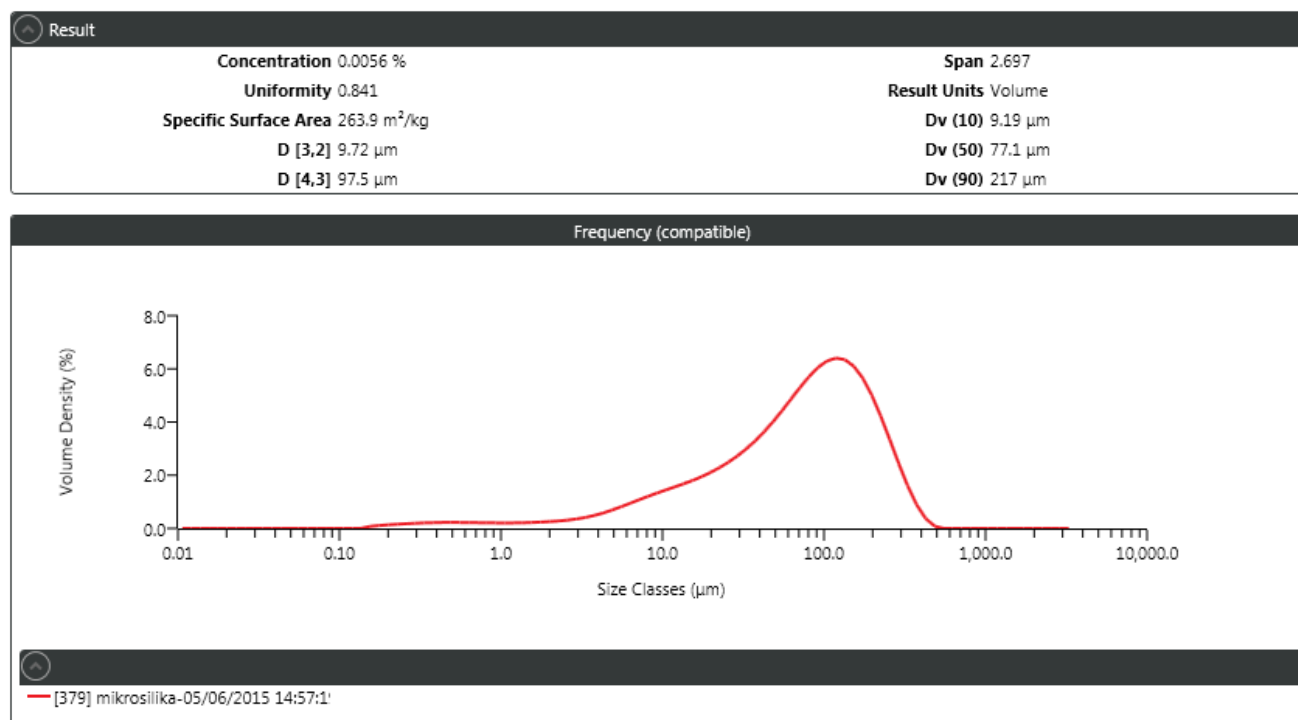


Рис. 1 – Дисперсность добавки микросилика

Результаты анализа показали, что размеры частиц микросилики находятся в диапазоне 10-100 мкм. Количество частиц размером менее 10 мкм составляет около 10%. Эти ультра дисперсные частицы играют важную роль в формировании микроструктуры бетона.

Микросиликатные добавки способствуют получению бетонной смеси более плотной структуры, заполняя пустоты в бетонной смеси. Размер частиц оксида микросиликата до 50 раз меньше чем размер частиц цемента. Эти мелкие

частицы SiO_2 вступают в реакцию с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и тем самым образуют гидросиликат кальция. Сформированные кристаллы гидросиликата кальция еще более усиливают структуру цементного камня, предотвращают проникновение влаги и других агрессивных веществ в состав цементного камня, препятствуют реакциям между агрессивной средой и гидратными соединениями.

Следует отметить, что из-за высокой дисперсности микросилики потребность бетонной смеси в воде увеличивается с увеличением ее количества. Поэтому лучший результат, может быть достигнут при использовании их вместе с пластификаторами, уменьшающие потребление воды и другими добавками.

В тоже время, как уже напоминалось выше, добавки **Master Air 200B** оказывают положительное влияние на формировании плотной структуры цементного камня. Эти добавки снижая водно-цементное соотношение еще более уплотняют структуру бетона, а также увеличивают адгезию цемента и заполнителя в контактной зоне. Известно, что уменьшение пористости является одним из наиболее эффективных методов предотвращения коррозии цементного камня и бетона. В результате значительно возрастают деформативные свойства бетона.

При эксплуатации автомобильных дорог цементобетонные покрытия подвергаются воздействию изгибающих напряжений. Поэтому состав бетона, используемый в цементобетонных покрытиях, должен быть подобран таким образом, чтобы полученный бетон отвечал требованиям по пределу прочности на изгиб.

Отличительной особенностью фибробетона является его анизотропность и дискретность, который делает его особым конструктивным материалом. Благодаря таким важным преимуществам как трещиностойкость и стойкость к истиранию, фибробетон становится все более экономически выгодным и конкурентно-способным строительным материалом. Фибробетон отличается от традиционного бетона более высокими показателями прочности на растяжение, изгиб, срез, ударной и усталостной прочностью, трещиностойкостью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, жаропрочностью и пожаростойкостью.

В тоже время, в последние годы наблюдается тенденция к уменьшению расхода материалов, что делает использование фибробетона, как дисперсно-армированный материал, актуальным. Бетоны, армированные дисперсными волокнами (фиброй), обладает более высокими показателями прочности и трещиностойкостью, что позволяет их использовать в тонких плитах перекрытия.

Применение тонких плит перекрытия на упругом основании в нормальных условиях теоретически и научно обосновано. Однако, в этой теории не предусмотрено агрессивной воздействия окружающей среды на плиты в процессе эксплуатации.

Стальные волокна воспринимает растягивающие напряжения, которые возникают в фибробетоне от действия внешних нагрузок и тем самым препятствует образованию трещин. Фибробетон армирован стальной фиброй обладает повышенной трещиностойкостью, что также значительно повышает его морозоустойчивость, что увеличивает долговечность дорожного покрытия.

Таблица 2 – Механические свойства бетона, модифицированные фиброматериалом.

№	Показатели	Результат испытаний
1	Разрушение конуса бетонной смеси, см	9
2	Плотность бетонной смеси, кг/м^3	2500
3	Предел прочности на сжатие после 7 суток твердения бетона, МПа	39
4	Предел прочности на сжатие после 28 суток твердения бетона, МПа	60
5	Предел прочности на растяжение после 28 суток твердения бетона, МПа	20

Из полученных результатов (таблица 2) видно, что оптимизация фибробетона на макро и микро уровне значительно увеличивает его прочность на сжатие и изгиб. Таким образом, применение микродисперсной арматуры (стальной фибры) для бетонирования конструкции, подверженных воздействию динамической нагрузки, целесообразно, так как это приводит к повышению трещиностойкости и морозостойкости конструкции. Это связано с тем, что применение стальной фибры позволяет выполнить армирование бетона по всему объему равномерно, что благоприятно влияет на распределение напряжений в бетонном массиве и приводит к уменьшению напряжений в опасных зонах. Кроме того использование микродисперсных добавок при приготовлении бетонной смеси еще более усиливают структурную прочность фибробетона, увеличивая такие показатели как прочность на сжатие и изгиб, водонепроницаемость, трещиностойкость и морозостойкость. В транспортном строительстве фибробетон рекомендуется использовать при строительстве мостов, тоннелей, дорог с цементобетонным покрытием, аэродромов, конструкций специального назначения.

Список литературы / References

1. Ключев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства. / С.В. Ключев // Инженерно-Строительный журнал. – 2012. - №8. - С.61-68.
2. Брагов А.М. Динамическое деформирование и разрушение хрупких структурно-неоднородных сред. / А.М. Брагов, А.Ю. Константинов, Д.А. Ламзин, А.К. Ломинов, А.Р. Филиппов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского. -2012. -№4. - С.59-66.
3. Фибробетон: технико-экономическая эффективность применения. vekha.ru/fibrobeton-tehniko-ekonomicheskaya.
4. IS EN 206-1:2000. Concrete. Specification, performance, production and conformity. The Irish Concrete Society. Dublin. 2004. 22 p.
5. Ущеров-Маршак А. Современный бетон / А. Ущеров-Маршак, А. Кабусь // Информационное обозрение. Харьков, Госпром., 2010. - 42 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Klyuyev S.V. Visokoprochniy fibrobeton dlya promishlennogo i grazhdanskogo stroitelstva. [High strength fiber concrete for industrial and civil construction] / S.V.Klyuyev // Injenerno-stroitelnyy jurnal [Magazine of Civil Engineering] - 2012.- №8. P.61-68. [in Russian].
2. Bragov A.M. Dinamicheskoye deformirovaniye i razrusheniye xrupkix i neodnorodnix sred [Dinamic deformation and fracture of heterogeneous brittle media] / A.M. Bragov, A.Yu. Konstantinov, D.A. Lamzin, A.K. Lomunov, A.R. Filippov // Jurnal Problemi prochnosti i plastichnosti. [Journal Problems of strength and ductility] - 2012. - №74. – P. 59-66. [in Russian].
3. Fibrobeton: tehniko-ekonomicheskaya effektivnost primeneniya vekha.ru/fibrobeton-tehniko-ekonomicheskaya. [Fibrous concrete: technical and economic efficiency of application]. vekha.ru/fibrobeton-tehniko-ekonomicheskaya.
4. IS EN 206-1:2000. Concrete. Specification, performance, production and conformity. The Irish Concrete Society. Dublin. 2004. 22 p.
5. Ushherov-Marshhak A. Sovremennyy beton [Modern concrete. News Review] / A.Ushherov-Marschak, A. Kabus // Informacionnoye obozreniye [Information Review]. - 2010. – P.42 .

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.015>Шутиков М.А.¹, Феофанов А.Н.², Схиртладзе А.Г.³¹ORCID: 0000-0002-8738-0119, бакалавр метрологии и стандартизации, Московский Государственный Технический Университет «СТАНКИН»,²ORCID: 0000-0003-4761-0538, Доктор технических наук, профессор, Московский Государственный Технический Университет «СТАНКИН»,³ORCID: 0000-0002-8102-9256, Доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор, Московский Государственный Технический Университет «СТАНКИН»**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ КАЛИБРОВ-ПРОБОК****Аннотация**

В статье приведена современная классификация калибров, применяемых в машиностроительной сфере РФ. Обосновано, что важную роль на современном машиностроительном предприятии с точки зрения контроля резьбовых соединений деталей играют резьбовые калибры. Классифицированы существующие методы контроля среднего диаметра резьбы калибров-пробок. Рассмотрен метод автоматизации контроля среднего диаметра резьбы на универсальном трехкоординатном измерительном видеомикроскопе. Установлено, что применение данного метода обоснованно в условиях современного производства, так как его применение снижает временные затраты и повышает достоверность результатов.

Ключевые слова: резьбовой калибр, контроль, средний диаметр, калибр пробка, измерительный микроскоп.

Shutikov M.A.¹, Feofanov A.N.², Shirladze A.G.³¹ORCID: 0000-0002-8738-0119, Bachelor of metrology and standardization,²ORCID: 0000-0003-4761-0538, PhD in Engineering, professor,³ORCID: 0000-0002-8102-9256, PhD in Pedagogy, PhD in Engineering, professor, Moscow State University of «STANKIN»**PROVIDING EFFECTIVE MONITORING OF THE MIDDLE THREAD DIAMETER OF INTERNAL GAGES****Abstract**

The paper presents a modern classification of calibers used in the engineering industry of the Russian Federation. It is proved that threaded calibers play an important role in the modern machine-building enterprise from the point of view of controlling threaded connections of parts. The known control methods of the average thread diameter of internal gauges are classified. A method for automation of control of the average thread diameter on a universal three-axis measuring video microscope is considered in the paper. It is found that the application of this method is justified under modern production conditions, since its use reduces time costs and improves the reliability of the results.

Keywords: thread gauge, control, average diameter, plug gauge, measuring microscope.

Одной из приоритетных задач гражданской и оборонной сферы на современном этапе, наряду с обеспечением высокого технического уровня, является повышение качества машин и механизмов, что в свою очередь, определяет рентабельность их эксплуатации, а во многих случаях и их безопасность. Снижение материальных затрат на производство новой продукции является одним из важнейших направлений современной экономики [1, С. 114].

В целях обеспечения соответствия действительных размеров, формы и расположения поверхностей деталей заданным требованиям, они подвергаются контролю в серийном и массовом производстве [2, С. 212]. Одним из средств контроля на современном этапе являются калибры. Калибр – это средство контроля, воспроизводящее геометрические параметры элементов изделия, определяемые заданными предельными линейными или угловыми размерами, и контактирующее с элементом изделия по поверхностям, линиям или точкам (ГОСТ 27284-87) [3, С. 3].

Калибры классифицируются на нормальные и предельные. Нормальные калибры имеют номинальный размер измеряемого элемента и ограничивают размер только в одном направлении. При контроле нормальными калибрами годность проверяемых изделий оценивают на основании субъективных ощущений контролирующего, при этом нормальный калибр должен проходить без усилий и зазоров.

В зависимости от формы контролируемых деталей калибры подразделяются на:

- калибры-пробки для контроля гладких цилиндрических и конусных отверстий;
- гладкие калибры-пробки служат для контроля отверстий, конструктивно они выполнены в виде ручки и рабочей части;
- калибр-скоба предназначен для контроля диаметра вала. [4, С. 100].

Калибр-пробка, представляющий собой калибр с наружной цилиндрической поверхностью, служит для контроля отверстий [5, С. 439].

Надежную работу изделия во многом определяет качество резьбовых соединений. Резьбовые соединения имеют чрезвычайно широкое применение и составляют приблизительно 20% от общего количества соединений в современных изделиях, а в ряде случаев их доля доходит до 70% [6, С. 3].

Резьбовые калибры предназначены для комплексного контроля резьбовых изделий. При этом обеспечивается соблюдение предельных контуров сопрягаемых резьб на длине их свинчивания. Проходными калибрами контролируется приведённый средний диаметр резьбы, включающий диаметральные компенсации ошибок шага и угла профиля. Проходной калибр должен иметь полный профиль резьбы и длину, равную длине свинчивания, а непроходные калибры имеют укороченный профиль.

Комплексный контроль параметров резьбы в большинстве случаев осуществляется резьбовыми калибрами (внешний вид которого представлен на рис. 1), поэтому важно поддерживать качество калибров на высоком уровне [6, С. 11].



Рис. 1 – Внешний вид резьбового калибра-пробки

Обеспечение высокого качества резьбовых калибров является непрерывным процессом и заключается не только в производстве высококачественной продукции, но и в контроле их качества.

Решение проблемы контроля качества резьбовых калибров может быть достигнуто только за счет применения в технологических процессах средств непрерывного контроля [7, С. 7]. В настоящее время большинство предприятий и НИИ используют устаревшую систему контроля качества резьбовых калибров, что зачастую влечёт за собой излишние временные затраты. Кроме того, отсутствие должного контроля качества резьбовых калибров на предприятиях и НИИ по единым и утвержденным стандартам может привести к принятию негодного изделия за годное (ошибка второго рода) и годного за негодное (ошибка первого рода).

На практике в современном машиностроении существует несколько методов контроля среднего диаметра резьбы, например, проекционный, метод двух проволок, метод трех проволок, метод осевого сечения и др. Наибольшую известность и признание получил метод трех проволок.

Однако, опыт применения метода трех проволок показал, что он подвержен влиянию человеческого фактора – ошибок контроля, связанных с влиянием оператора. К тому же, в условиях современного производства применение такого метода приводит к повышенным временным затратам. При устранении указанных выше несоответствий можно добиться значительного повышения производительности контроля калибров, повышения достоверности результатов контроля и его качества, снижения времени, затрачиваемого на контроль среднего диаметра резьбы.

В связи с этим целесообразным видится разработка нового метода контроля среднего диаметра резьбового калибра-пробки, который соответствовал бы требованиям массового производства с одной стороны, а так же минимизировал влияние человеческого фактора с другой стороны.

Таким методом может являться измерение среднего диаметра резьбы калибра-пробки с помощью универсального трехкоординатного видеомикроскопа. Измерительный микроскоп предназначен для бесконтактного измерения линейных и угловых размеров деталей с плоской поверхностью, тел вращения, резьбы и прочих деталей точного приборостроения.

Метод заключается в следующем: калибр выдерживают в помещении, где будет производиться контроль, на металлической плите. Затем калибр помещают в центра микроскопа, и запускают программное обеспечение для измерения диаметра резьбы. Далее, объектив микроскопа наводится на верхний профиль резьбы. Четыре линии профиля резьбы проецируются в программу (рис. 2).

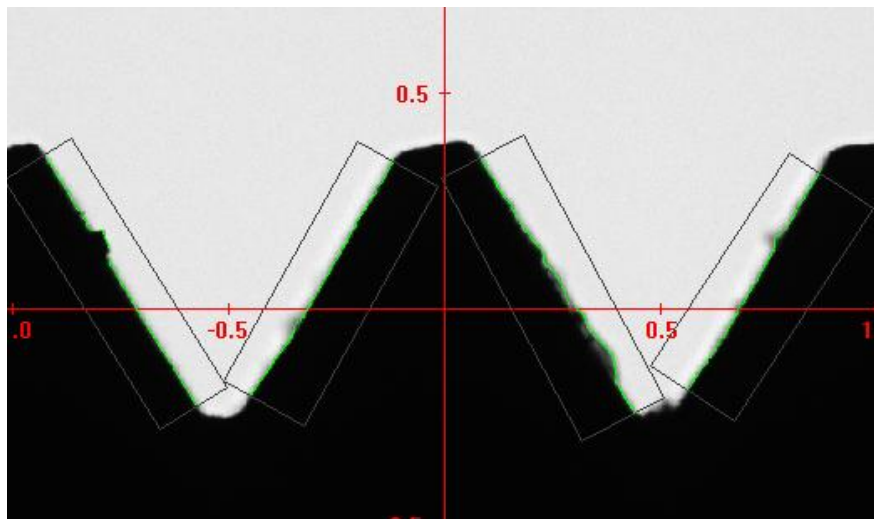


Рис. 2 – Проекция верхнего профиля резьбы в программе

Затем, с помощью джойстика, наводятся на нижний профиль резьбы, где снимается две линии профиля резьбы (рис. 3).

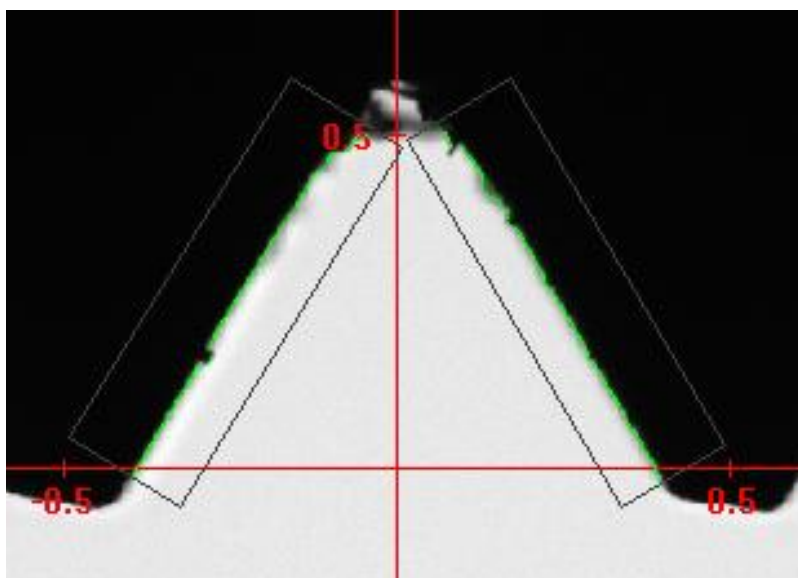


Рис. 3 – Проекция нижнего профиля резьбы в программе

Между полученными проекциями профиля витков резьбы по касательным строятся окружности (две для верхнего профиля, одна – для нижнего).

После этого, между двумя верхними точками верхних окружностей проводится горизонтальная линия. От центра этой линии измеряют расстояние M до верхней точки нижней окружности (рис. 4) и по формуле:

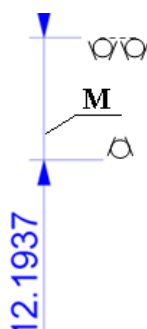
$$d_{cp} = M - 3 \cdot d + 0.866 \cdot S$$

где:

d - диаметр проволоочки

S - шаг резьбы

определяют d_{cp} - значение среднего диаметра резьбы калибра.

Рис. 4 – Визуализация нахождения размера M

Обобщенная схема проведения измерений на видеомикроскопе приведена на блок-схеме (рис. 5).

Стоит также отметить, что программа Saphir имеет возможность обучения. Программа запоминает произведенные действия, и в дальнейшем позволяет выполнять измерения и вычисление среднего диаметра резьбы в автоматическом режиме (без участия оператора).

Таким образом, при введении метода контроля с помощью микроскопа, нивелируется влияние погрешности, связанной с человеческим фактором, ввиду автоматизации процесса измерения. К тому же, значительно сокращается время, затрачиваемое на проведение контрольных операций.

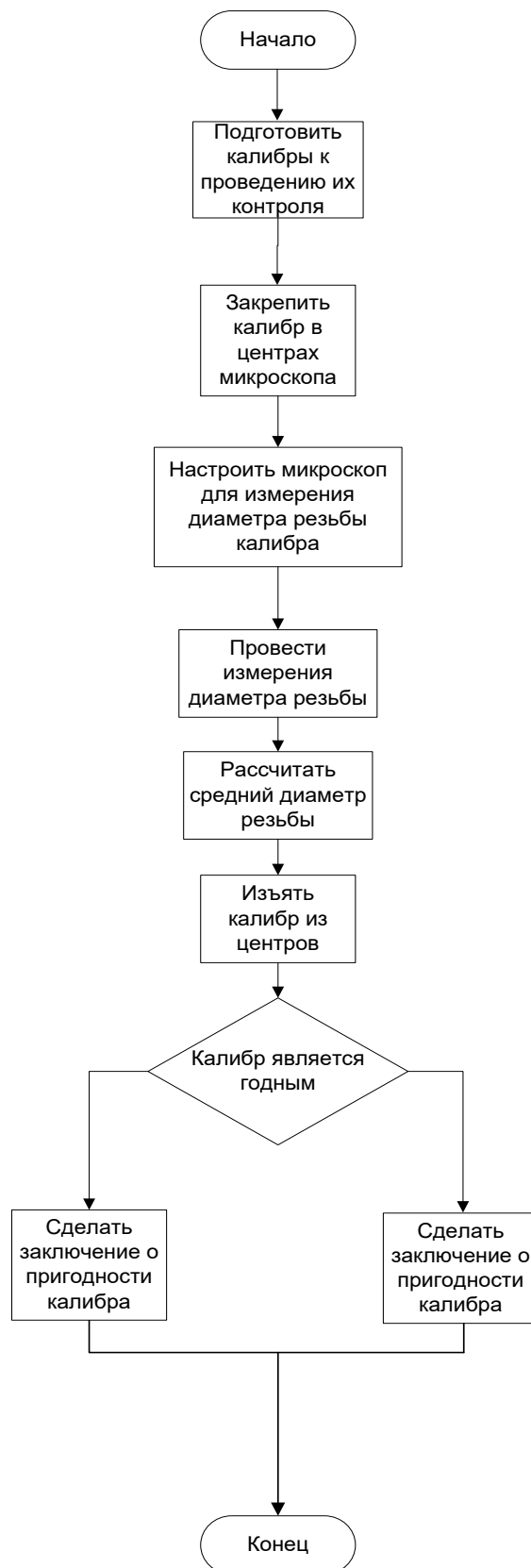


Рис. 5 – Блок-схема алгоритма проведения измерений среднего диаметра резьбы

Из этого следует, что рассмотренный метод является перспективным в условиях современного машиностроения, так как на данный момент используется все больше резьбовых соединений и для их контроля необходимо повышать количество резьбовых калибров на предприятиях. Следовательно, в связи с увеличением количества калибров существующие методы (например, метод трех проволочек) теряют свою эффективность в современном производстве. Таким образом, видится целесообразным введение метода автоматизированного контроля среднего диаметра резьбы калибров в машиностроительной отрасли.

Список литературы / References

1. Феофанов А.Н. Основы методики обоснования технологических характеристик изделия / Феофанов А.Н., Шохрина Н.В., Гришина Т.Н. // Вестник МГТУ «Станкин» №4 (35) (0,463) . – 2015. – №4.
2. Прокофьев А.Н. Технологическое обеспечение прочности и износостойкости резьбовых соединений / Прокофьев А.Н., Лексиков В.П. // Машиностроение и техносфера XXI века: Сборник тр. XIV междунар. науч.-техн. конф., Донецк, ДонГТУ, 2007, т.2. – С.210-214.
3. ГОСТ 27284-87. Калибры. Термины и определения. – Введ. 1988-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.
4. Рыбаков А.В. Создание системы автоматизированной поддержки информационных решений при проектировании технологической оснастки / А.В. Рыбаков, С.А. Евдокимов, А.А. Краснов . – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013 . – 162 с.
5. Радкевич Я.М. Метрология, Стандартизация и Сертификация / Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. // Москва: Московский Государственный Горный Университет, 2003 – 788 с.
6. Прокофьев А.Н. Технологическое обеспечение и повышение качества резьбовых соединений: дис. на соиск. уч. ст. док. тех. наук: 05.02.08: защищена 01.07.08 / Прокофьев Александр Николаевич – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2008. – 392 с.
7. Прокофьев А.Н. Технологическое повышение качества резьбовых соединений // Повышение качества машин, технологической оснастки и инструментов: Сб. науч. тр., Брянск, БГТУ, 1999. – С.7 – 8.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Feofanov A.N. Osnovy metodiki obosnovaniya tehnologicheskikh harakteristik izdelija [Basics techniques substantiation of technological characteristics of the product] / Feofanov A.N., Shohrina N.V., Grishina T.N.// Vestnik MGTU «Stankin» №4 (35) (0,463) [in Russian]
2. Prokofev A.N. Tehnologicheskoe obespechenie prochnosti i iznosostojkosti rez'bovyh soedinenij [Technological security of durability and wear resistance of threaded joints] / Prokofev A.N., Leksikov V.P. // Mashinostroenie i tehnosfera XXI veka: Sbornik tr. XIV mezhdunar. nauch.-tehn. konf. [Mechanical Engineering and Technosphere of the XXI century: Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference], – Donetsk, DonGTU. – 2007. - v.2 - P. 210–214 [in Russian]
3. GOST 27284-87. Kalibry. Terminy i opredelenija [Gauge. Terms and definitions] . – Vved. 1988–01–01. – M. : Izd-vo standartov, 2001. – 6 p. [in Russian]
4. Rybakov A.V. Sozdanie sistemy avtomatizirovannoj podderzhki informacionnyh reshenij pri proektirovanii tehnologicheskoy osnastki [Creation of automated information solutions supporting system for the design of industrial equipment] / Rybakov A.V., Evdokimov S.A., Krasnov A.A. – M.: FGBOU VPO MGTU «STANKIN», 2013 – 162 p. [in Russian]
5. Radkevich Ja.M. Metrologija, Standartizacija i Sertifikacija. [Metrology, Standardization and Certification.] / Radkevich Ja.M., Shirtladze A.G., Laktionov B.I. – M.: Moskovskij Gosudarstvennyj Gornyj Universitet., 2013 – 788 p. [in Russian].
6. Prokofev A.N. Tehnologicheskoe obespechenie i povyshenie kachestva rez'bovyh soedinenij [Technological maintenance and improvement quality threaded connections] : dis. ... of PhD in Engineering: 05.02.08: defense of the thesis: 01.07.08 / Prokofev Aleksandr Nikolaevich – Brjansk: Brjanskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2008. – 392 p. [in Russian]
7. Prokofev A.N. Tehnologicheskoe povyshenie kachestva rez'bovyh soedinenij [Technology to improve the quality of threaded joints] // Povyshenie kachestva mashin, tehnologicheskoy osnastki i instrumentov [Improving the quality of machines, tooling and tools] : Sb. nauch. tr., Brjansk, BGTU, 1999. – P. 7–8. [in Russian]