МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»

НАУКА и ПРОСВЕЩЕНИЕ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ:

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ

МОНОГРАФИЯ

ПЕНЗА
МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2023

УДК 001.1
ББК 60
С56

Р е ц е н з е н т ы:

Гетманская Елена Валентиновна – доктор педагогических наук, профессор, доцент кафедры методики преподавания литературы ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»

Колесников Геннадий Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Некрасов Станислав Николаевич – д. филос. н., профессор ФГАОУ «УрФУ имени первого президента России Б.Н. Ельцина», главный научный сотрудник, профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»

Авторский коллектив

Абдуалиев Н.Х., Бовина Ю.А., Борулько В.Г., Герасименя В.П., Девяткова А.В., Джаббаров Ш.Б., Жвалевский А.И., Игнатенко Н.И., Иноятов К.Х., Исаев А.С., Королева Т.М., Кудинова О.В., Лосева Н.И., Моисеева А.В., Москвичев А.С., Москвичева Е.В., Мочунова Н.А., Намозов С.Б., Орлов Е.В., Рудикова-Фронхёфер Л.В., Сакута В.П., Соболева И.Ю., Старикова А.С., Тухтаева Х.Т., Фединишина Е.Ю., Широков Ю.А., Щедловская М.В.

С56

Современная наука и технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: монография / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». — 2023. — 196 с.

ISBN 978-5-00173-795-7

В монографии представлены теоретические подходы и концепции, аналитические обзоры, практические решения в конкретных сферах науки, общества, образования.

Издание может быть интересно российским и зарубежным ученым, руководителям и служащим государственного аппарата, руководителям и специалистам учреждений и хозяйственных организаций, педагогам, аспирантам и студентам высших учебных заведений.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 001.1
ББК 60

© МЦНС «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г. Ю.), 2023
© Коллектив авторов, 2023

ISBN 978-5-00173-795-7

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО НАСТРОЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА 5

ГЛАВА 2. О ПОДХОДАХ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ 22

ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ГРАФАХ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОГО ТРАФИКА 33

ГЛАВА 4. О ПОДХОДАХ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ 44

ГЛАВА 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИЗУЧАЕМЫХ ДИСЦИПЛИН В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 56

ГЛАВА 6. ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ 69

ГЛАВА 7. НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ 82

ГЛАВА 8. УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МАРКИРОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ КАК ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ЭКСПЕРТИЗЫ 94

ГЛАВА 9. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ТРАКТОРИСТОВ-МАШИНИСТОВ 105

ГЛАВА 10. ОПЫТ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ «ЛЮБЛИНО» В ГОРОДЕ МОСКВЕ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «ДОМАШНИЙ») 120

ГЛАВА 11. РЕАЛИЗАЦИЯ ЖИЛИЩНОГО ВОПРОСА В ГОРОДАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД 133

ГЛАВА 12. ТЕХНОЛОГИЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ КАК МЕТОД ОЧИСТКИ СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД 145

ГЛАВА 13. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН 157

ГЛАВА 14. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА, СОЗДАЮЩЕГО ПАЛ В МЕЖДУРЯДЬЯХ ХЛОПЧАТНИКА.....169

ГЛАВА 15. БОРЬБА С ОПУСТЫНИВАНИЕМ ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КЫЗЫЛКУМА) 184

УДК 004.021: 519.24

ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО НАСТРОЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

Рудикова-Фронхёфер Лада Владимировна
к.ф.-м.н., доцент,
Семенчук Наталья Владимировна
к.ф.-м.н., доцент,
Дейцева Анна Геннадьевна
к.ф.-м.н., доцент,
Банюкевич Елена Викторовна
магистр естественных наук,
Учреждение образования
«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Аннотация: данная глава посвящена исследованию тенденций и особенностей функционирования социального настроения городского населения с помощью методов вейвлет-анализа. Объектом исследования являются статистические данные социальных опросов, касающиеся удовлетворённости жизнью городского населения в виде дискретных временных рядов. Предметом исследования являются методы дискретного вейвлет-преобразования с помощью койфлетов. Цель данной работы – разработка алгоритмов для оценивания сглаженной компоненты (тенденции) и выявления периодических компонент (особенностей функционирования) временного ряда социальных данных.
В статье приводятся основные понятия кратно-масштабного анализа, определение масштабирующей функции, вейвлета, алгоритмы построения сглаженной компоненты и оценивания периодической компоненты временного ряда с использованием масштабирующей функции Койфмана. Работа алгоритмов апробирована на модельных примерах, а также на временных рядах социальных данных. Обсуждается эффективность применения предложенного метода при исследовании больших объёмов данных опросов из социальных сетей.
Ключевые слова: временной ряд; сглаженная компонента; дискретное вейвлет-преобразование; периодические масштабирующие функции; спектральная плотность.

STUDY ON TRENDS AND FEATURES OF SOCIAL MOOD DYNAMICS VIA WAVELET ANALYSIS METHODS

Rudikova-Fronhoefer Lada Vladimirovna,
Semenchuk Natalia Vladimirovna,
Deytseva Anna Gennadievna,
Banyukevich Elena Viktorovna

Abstract: The article is devoted to the study of trends and features of the functioning of the social mood of the urban population using wavelet analysis methods. The object of the study is the statistical data of social surveys concerning life satisfaction of the urban population in the form of discrete time series. The subject of the research is the methods of discrete wavelet transform using coiflets. The purpose of this work is to develop algorithms for estimating the smoothed component (trend) and identifying periodic components (features of functioning) of a time series of social data. In the work the basic concepts of multiple-scale analysis, the definition of a scaling function, a wavelet, the algorithms for constructing a smoothed component, and estimating the periodic component of a time series using the Coifman scaling function are presented. Proposed algorithms have been tested on model examples, as well as on time series of social data. The effectiveness of the proposed method in the study of large volumes of survey data from social networks is discussed.
Keywords: time series; smoothed component; discrete wavelet transform; periodic scaling functions; spectral density.

Введение

Одной из основных задач при исследовании социологических опросов является задача исследования поведения данных в динамике, т.е. поведение временного ряда, которое выражается в изменении его характеристик: тенденции, среднего, периодических колебаний, дисперсии, ковариации.

Анализ временных рядов – совокупность математико-статистических методов анализа, предназначенных для выявления структуры временных рядов и для их прогнозирования. Сюда относятся, в частности, методы регрессионного анализа. Выявление структуры временного ряда необходимо для того, чтобы построить математическую модель того явления, которое является источником анализируемого временного ряда. Прогноз будущих значений временного ряда используется для эффективного принятия решений.

При анализе временного ряда выделяют три составляющие: тренд, сезонность и шум. Тренд – это общая тенденция, сезонность, как следует из названия - влияния периодичности (день недели, время года и т.д.) и, наконец, шум – это случайные факторы.

Регрессионный анализ – статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных $X_1, X_2, \dots, X_p$ на зависимую переменную Y.

Выявление и анализ тенденции динамического ряда часто производится с помощью его выравнивания или сглаживания. Методы сглаживания необходимы для удаления шума из временного ряда. Существуют различные способы сглаживания, основные – это метод скользящей средней и метод экспоненциального сглаживания.

Идея метода скользящего среднего заключается в смещении точки графика

на среднее значение некоторого интервала. В качестве интервала берут нечётное количество участков, например, три – предыдущий, текущий и следующий периоды, находится среднее и принимается в качестве сглаженного значения. У данного метода есть проблема: случайное высокое или низкое значение сильно влияют на скользящую линию. В качестве решения были введены веса. Для распределения веса используют оконные функции, основные оконные функции: окно Дирихле (прямоугольная функция), B-сплайны, полиномы, синусоидальные и косинусоидальные. Минусы использования скользящей средней – это сложность вычислений и некорректные данные на концах графика.

Экспоненциальное сглаживание – один из простейших и распространенных приемов выравнивания ряда, в основе которого лежит расчет экспоненциальных средних [1]. Метод экспоненциального сглаживания получил своё название потому, что в сглаженной функции экспоненциально убывает влияние предыдущего периода с неким коэффициентом чувствительности α. Сглаженное значение находится как разница между предыдущим действительным значением и рассчитанным значением. Достоинство прогнозной модели, основанной на экспоненциальной средней, заключатся в способности последовательно адаптироваться к новому уровню процесса без значительного реагирования на случайные отклонения. Недостатком такого метода является смещение прогнозов, то есть возникновение систематической ошибки в случае, если временной ряд имеет тенденцию линейного роста. Поэтому для прогнозирования рядов с линейной тенденцией предпочтительнее использовать модель Брауна, к таким выводам пришли Харрисон П. [2], Вард Д. [3].

В экономике многие явления характеризуются периодически повторяющимися сезонными эффектами. Следовательно, временные ряды, их отражающие, содержат периодические сезонные колебания. Методы прогнозирования основываются на выявлении тенденции во временном ряду и последующем использовании найденного значения для предсказания будущих значений. В методах прогнозирования выделяют тренд и сезонность, в общем случае, все типы сезонности могут быть найдены последовательными итерациями. Например, при анализе данных за год, можно выделить сезонность времени года, а в оставшемся тренде найти сезонность по дням недели и так далее. Такие ряды и их колебания можно представить как генерируемые моделями двух основных типов: адаптивная модель с мультипликативной сезонностью была предложена Уинтерсом П.Р. [4] и модель с аддитивными коэффициентами сезонности рассмотрена Тейлом Г. и Вейджем С. [5]. Возможно множество комбинаций различных типов тенденций и циклических явлений аддитивного и мультипликативного вида. В работе [6] представлены девять возможных моделей, обобщенно выраженных одной формулой.

Временные ряды часто характеризуются наличием временного тренда. Обнаружение трендов и их учет в структуре модели является важной задачей в анализе временных рядов. С этой целью Дикки и Фуллер разработали критерии [7] и [8].

Проанализировав указанные выше ссылки, можно сделать вывод, что названые методы не относятся к новым и давно изучены. Среди современных методов анализа временных рядов выделим нейронные сети и для прогнозирования строятся ARCH, GARCH модели. Их алгоритмы сложные и ряды должны быть подлиннее.

Таким образом, на сегодняшний день существует множество алгоритмов и методов анализа временных рядов.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Известно [9], что кратномасштабный анализ (КМА) в пространстве $L_2(R)$ представляет собой последовательность вложенных подпространств V_j, $j \in Z$ пространства $L_2(R)$, удовлетворяющих следующим свойствам:

1. $V_j \subset V_{j+1}$ для любого $j \in Z$,
2. $\overline{\bigcup_{j\in Z} V_j} = L_2(R)$,
3. $\bigcap_{j\in Z} V_j = \{0\}$,
4. $f(x) \in V_0 \Leftrightarrow f(2^j x) \in V_j$,
5. существует $\varphi(x) \in V_0$ (масштабирующая функция), такая что $\varphi(x+k)$, $k \in Z$ образуют ортонормированный базис пространства V_0.

Очевидно, что в этом случае функции

$$\varphi_{j,k}(x) = 2^{j/2}\varphi(2^j - k) \tag{1}$$

образуют ортонормированный базис пространств V_j, $j \in Z$. Функцию $\psi(x) \in L_2(R)$ такую, что $\psi(x+k)$, $k \in Z$ образуют ортонормированный базис пространства W_0, где W_0 − ортогональное дополнение пространства V_0 до V_1 называют вейвлетом. При этом функции $\psi_{j,k}(x) = 2^{j/2}\psi(2^j - k)$ образуют базис пространств W_j, являющихся ортогональным дополнением пространства V_j до пространства V_{j+1}, $j \in Z$. Идея кратномасштабного анализа принадлежит S.G. Mallat [10] и Y. Meyer [11]. Согласно определению КМА, любую функцию $f(x) \in L_2(R)$ можно представить в виде сходящегося ряда:

$$f(x) = \sum_{j=1}^{j_0}\sum_{k\in Z}\beta_{j,k}\psi_{j,k}(x) + \sum_{k\in Z}\alpha_{j_0,k}\varphi_{j_0,k}(x) \tag{2}$$

где

$$\alpha_{j,k} = \int_R \varphi_{j,k}(x) f(x)dx, \tag{3}$$

$$\beta_{j,k} = \int_R \psi_{j,k}(x) f(x)dx, \tag{4}$$

$x \in R$, $j_0, j \in Z$, $k \in Z$.

Заметим, что суммы в (2) обычно конечны в силу ограниченности носителей масштабирующих функций и вейвлетов. Для вейвлет преобразования функции $f(x) \in L_2(R)$, задаваемого (2), необходимо вычислить коэффициенты $\alpha_{j_0,k}$, $\beta_{j,k}$ определяемые соотношениями (3) и (4) соответственно, $j_0, j \in N_0$. Возникает проблема вычисления большого количества интегралов с необходимой точностью. Быстрое вейвлет-преобразование, предложенное Малла [10] позволяет решить эту проблему. Алгоритм Малла дает возможность вычислять коэффициенты вейвлет-разложения без интегрирования, используя алгебраические операции на основе свертки. Также остается открытой проблема выбора начальных коэффициентов. Их прямое вычисление в виде интегралов (3) и (4), во-первых, представляет трудоемкую операцию, а во-вторых, может не обеспечить требуемой точности при $j \to \infty$. В работе [12, стр. 122] приведены несколько способов решения данной проблемы. В частности, в качестве начальных коэффициентов разложения, можно взять массив значений функции $f(x) \in L_2(R)$: $\alpha_{j_0,k} = f(x_k)$, где x_k проходят область изменения переменной x с некоторым постоянным шагом, $k \in R$. Данный метод выбора начальных коэффициентов является наиболее удобным при вейвлет-анализе дискретных временных рядов.

Койфлеты, также как и вейвлеты Добеши, и симмлеты относятся к вейвлет-функциям с компактным носителем. Метод построения вейвлет-функций с компактным носителем принадлежит Ингрид Добеши (вейвлеты Добеши использовались в работах [13], [14, с. 133-137], [15]). Койфлеты являются частным случаем вейвлетов Добеши с нулевыми моментами масштабирующей функции. На рисунке 1 приведен график масштабирующей функции Койфмана (койфлета) четвертого порядка. Она будет использована в наших дальнейших исследованиях. Койфлеты рассмотрены, например, в работе [16].

Одна из областей применения вейвлетов – это анализ социальных вопросов, результаты, полученные в данной статье, можно найти в работах [17] − [19].

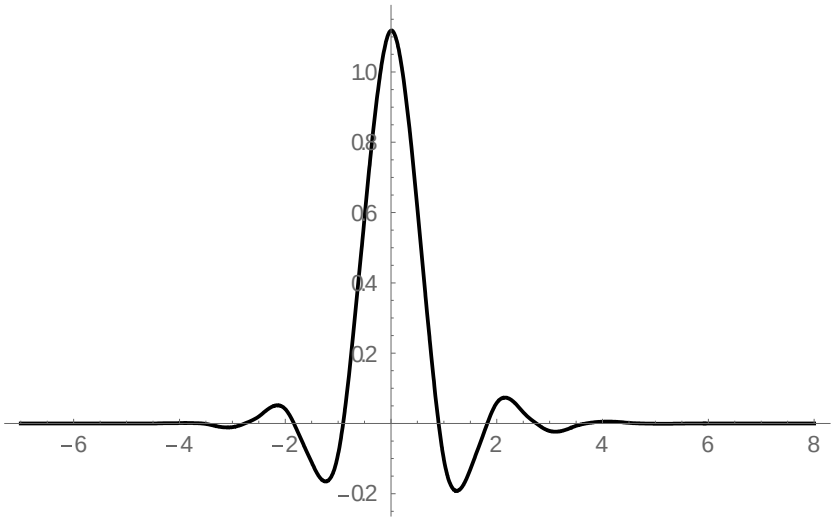


Рис. 1. Масштабирующая функция

2. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ СГЛАЖЕННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Итак, пусть $X(0), X(1), \ldots, X(T-1)$ – T последовательных, через равные промежутки времени, наблюдений за случайным процессом $X(t), t \in Z$.

Коэффициенты аппроксимации находятся по формуле

$$\alpha_{j,k}^{\varphi} = \sum_{t=0}^{T-1} X(t)\varphi_{j,k}(t), \tag{5}$$

где $\varphi_{j,k}(t)$ – функция масштабированная рассчитывается по формуле (1).

Предлагается следующий алгоритм построения сглаженного временного ряда.

Шаг 1. Выбрать вид масштабирующей функции в зависимости от длины реализации.

Шаг 2. Вычислить коэффициенты дискретного вейвлет-преобразования $\alpha_{j,k}^{\varphi}$ по формуле (5) соответственно.

Шаг 3. Построить сглаженный временной ряд по формуле:

$$P_{n'-1} = \sum_{k \in Z} \alpha_{n'-1,k}^{\varphi} \varphi_{n'-1,k}(t), \tag{6}$$

где $\varphi_{j,k}(t)$ – функция масштабированная рассчитывается по формуле (1), $\alpha_{j,k}^{\varphi}$ – коэффициенты аппроксимации находятся по формуле (5) на шаге 2.

3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ

Пример 1. Рассмотрим искусственный временной ряд, который представляет собой сумму двух периодических рядов. А именно, синусоидальной функции с четырьмя волнами сс $2\sin(8\pi(t-1)/(3T)) \cdot \sin(8\pi(t-1)/T)$ и функции, напоминающей 32 зуба $0.5\sin(64\pi(t-1)/T)$, $t = 1, \ldots, T$, где в нашем случае $T = 2^9$. То есть рассмотрим ряд $x = \{x_t\}$

$$x_t = x(t) = 2\sin(8\pi(t-1)/(3T)) \cdot \sin(8\pi(t-1)/T) + 0.5\sin(64\pi(t-1)/T)$$

для всех $t = 1, \ldots, T$.

На рисунке 2 представлен график ряда *x(t)*.

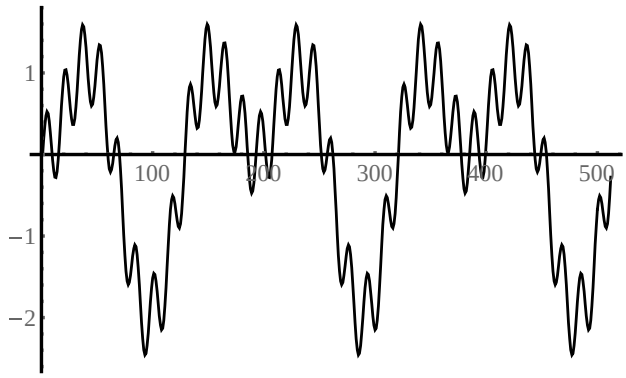


Рис. 2. Временной ряд $\{x_t\}$

Построим сглаженную компоненту временного ряда $\{x_t\}$ по формуле (6) на четвертом уровне. В качестве масштабирующей функции используем масштабирующую функцию Койфмана четвертого порядка. График полученного решения приведен на рисунке 3.

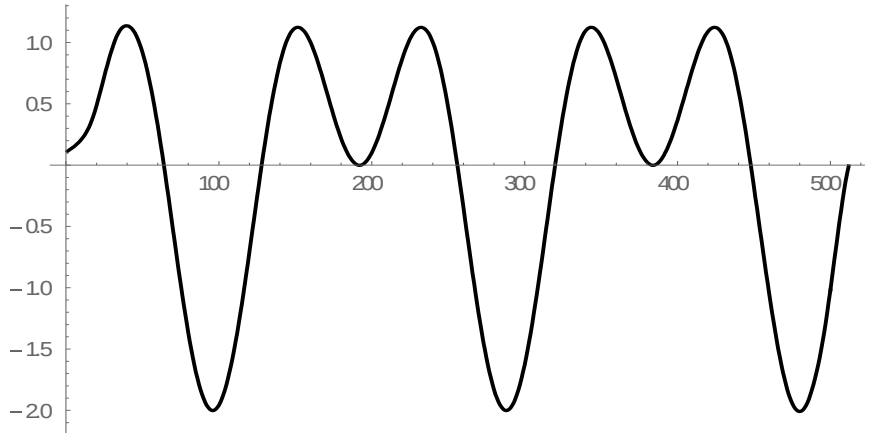


Рис. 3. Сглаженная компонента ряда $\{x_t\}$

Пример 2. Для следующего примера используем исходный сигнал

$$f(t) = \begin{cases} \sin(8\pi t) \ при \ 0 \le t \le 0.5, \\ \sin(32\pi t) \ при \ 0.5 \le t \le 1, \end{cases}$$

где $t \in [0;1]$ с шагом 1/T, где $T = 2^9$.

Зашумленный сигнал получаем добавлением к исходному сигналу значений функции нормального распределения

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где $t \in [0;1]$ с шагом 1/T, где $T = 2^9$, $\sigma = 0.4$ − среднее квадратичное значение и $m=0$ − математическое ожидание.

На рисунке 4 представлен график исходной функции (черный цвет) и зашумленной с помощью функции нормального распределения (серый цвет).

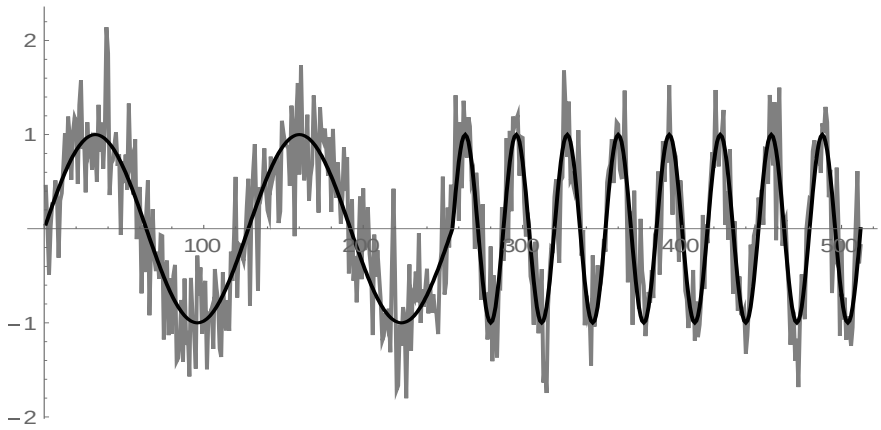


Рис. 4. Первоначальная функция и зашумленная

На рисунке 5 приведены графики сглаженной компоненты исходной (черный цвет) и зашумленной функции (серый цвет) на третьем уровне.

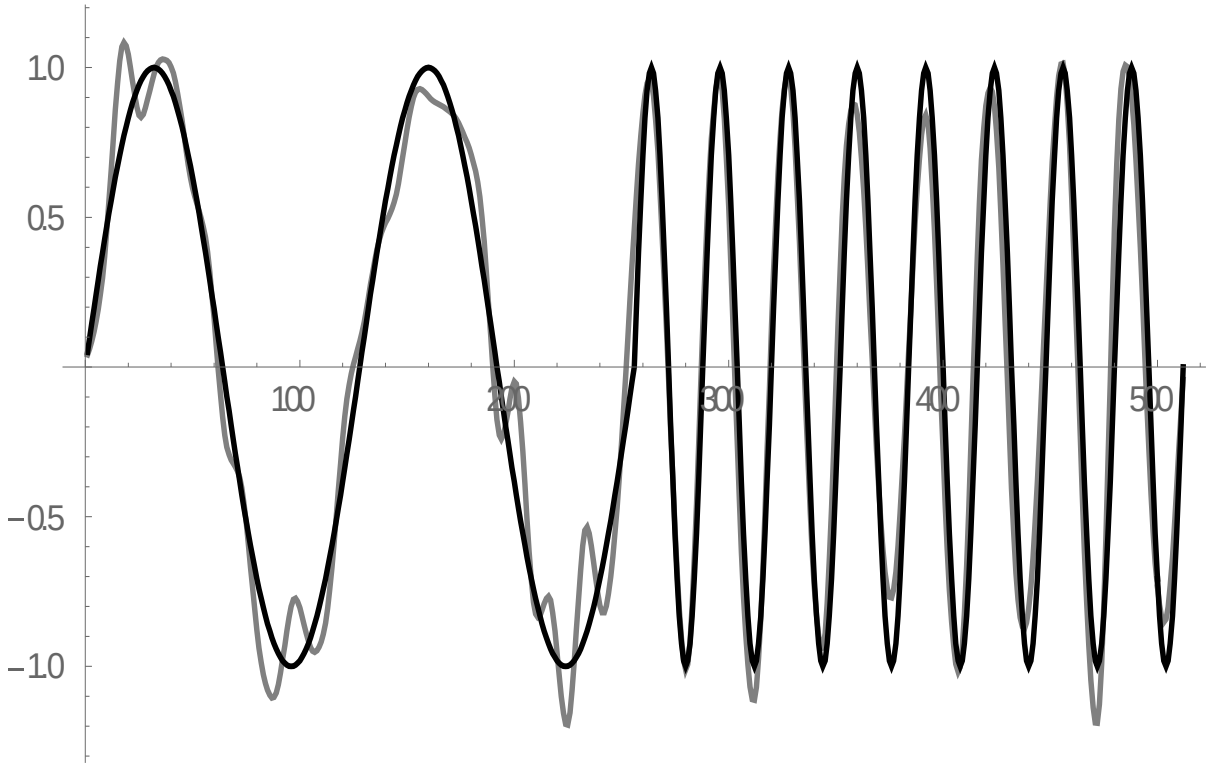


Рис. 5. Графики сглаженной исходной и зашумленной функций

Практические эксперименты показали, что наилучшая сглаженная компонента зашумленного сигнала соответствует третьему уровню. При дальнейшем увеличении уровня, сглаженная компонента дает худшие результаты и приближается к нулю. Для чистого сигнала наилучшие результаты получены на первых трех уровнях, и, аналогично зашумленному сигналу, после третьего уровня сглаженная компонента выпрямляется и стремится к нулю.

4. ПОСТРОЕНИЕ СОСТОЯТЕЛЬНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ВЕЙВЛЕТНОЙ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ СМОДЕЛИРОВАННОГО ПРОЦЕССА АВТОРЕГРЕССИИ

Рассматриваемый пример посвящён применению дискретного вейвлет-преобразования с использованием койфлетов для построения состоятельных оценок спектральных плотностей. Для рассмотренного кратномасштабного анализа с масштабирующей функцией $\varphi(x), x \in R$, определим $2\pi-$ периодическую масштабирующую функцию:

$$\varphi_{j,k}^{пер}(\lambda) = \sum_{n \in \mathbf{Z}} (2\pi)^{-1/2} \varphi_{j,k}((2\pi)^{-1}\lambda + n), \; j,k \in \mathbf{Z}, \lambda \in \Pi .$$

Например, на рисунке 6 построена $2\pi-$ периодическая масштабирующая функция койфлета 4-го порядка.

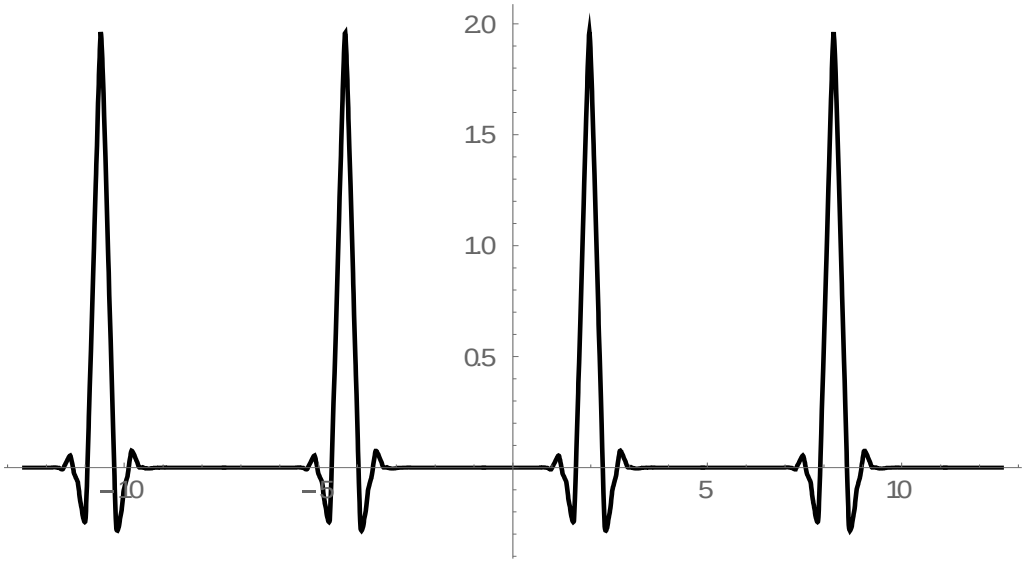


Рис. 6. 2π **– периодическая масштабирующая функция койфлета 4-го порядка**

В работе [20] исследованы статистические свойства линейной вейвлетной оценки спектральной плотности, построенной с помощью койфлетов:

$$\hat{f}(\lambda)=\frac{\sqrt{2\pi}}{2^{\frac{J}{2}}}\sum_{k=1}^{2^J} I\left(\frac{2\pi k}{2^J}\right)\varphi_{j,k}^{пер}(\lambda) \qquad (7)$$

$I(\lambda)$ – расширенная периодограмма, J – уровень разложения, $\varphi_{j,k}^{пер}(\lambda)$ – 2π – периодическая масштабирующая функция койфлета.

Смоделируем процесс авторегрессии 4-го порядка длиной $T=512$ *с параметрами* a=0.21737; b=0.81714; c=0.17607; d=-0.6561, а также построим его теоретическую спектральную плотность (рис. 7).

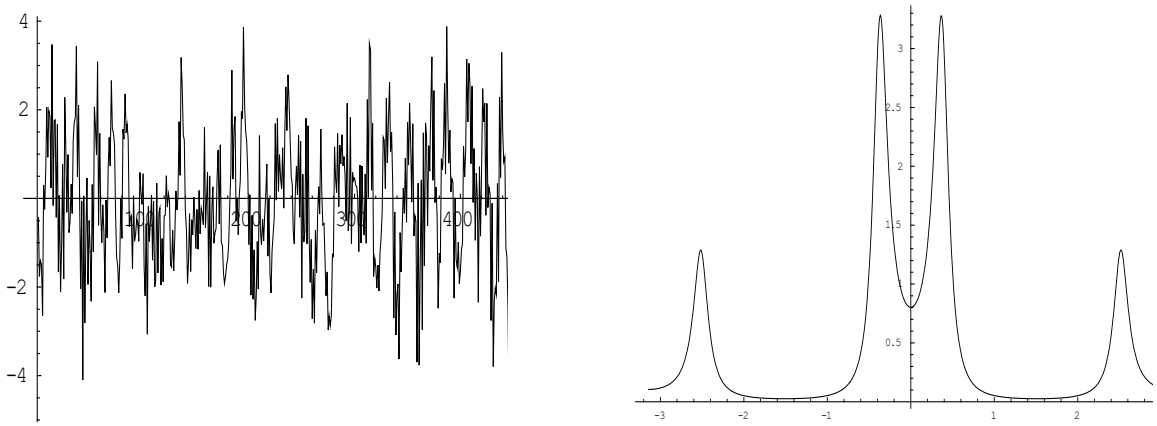


Рис. 7. Процесс авторегрессии 4-го порядка и его теоретическая спектральная плотность

Построим оценку спектральной плотности на уровне $J=3$, используя треугольное окно просмотра данных и койфлет 4-го порядка.

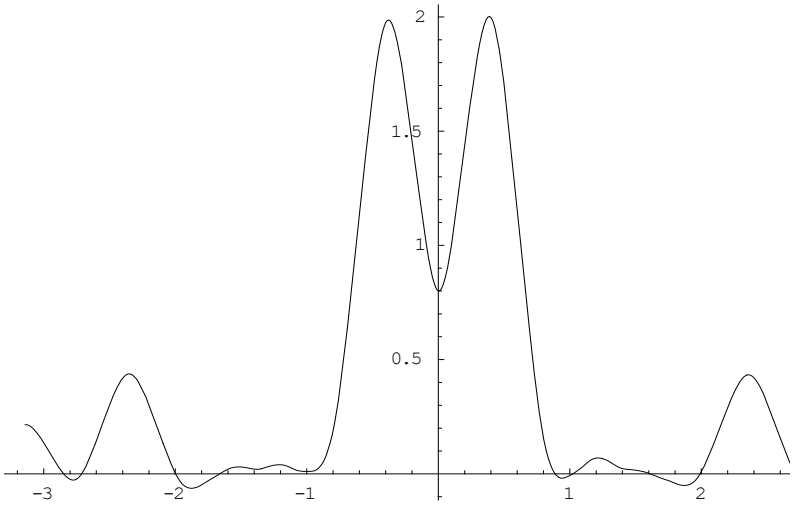


Рис. 8. Вейвлетная оценка спектральной плотности (7)

Из рисунка 8 следует, что указанная оценка достаточно точно позволяет определить крайние пики спектральной плотности, и имеет высокую погрешность лишь в окрестности нуля. Согласно работе [20] следует ожидать увеличение точности оценивания с ростом длины исследуемого временного ряда.

5. ОБЗОР СЕРВИСОВ, АККУМУЛИРУЮЩИХ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

На сайте Института социологии Российской академии наук оформив запрос можно получить статистические данные, первые из которых датированы 1966 годом на различные тематики (политика, семья, образование, образ жизни, здравоохранение и др.).

На сайте Единого архива экономических и социологических данных представлены результаты опросов, статистические ряды и электронные таблицы, например, среди прочих (инвестиции, цены, внешняя торговля, образование, демография и пр.) имеется информация о заработной плате населения за период с 1993 по 2019 гг и может быть просмотрен годовой, квартальный и месячный показатели.

На сайте Всесоюзного центра изучения общественного мнения (рис. 9) расположены статистические данные о внутренней политике, экономике, религии, образе жизни, культуре, средствах массовой информации, социальные темы и др. среди которых можно, например, найти данные об изменениях социального настроения, а именно «индекс счастья» с 1990 по 2019 гг.

Ежегодно аналитический центр – Левада-центр издаёт сборник «Общественное мнение», куда включаются результаты проведённых за год опросов. Очередной выпуск ежегодника продолжает серию изданий, в которых представлены основные результаты социально-политических и социально-экономических исследований Левада-Центра. Материалы организованы по разделам: «Общие оценки, настроения, ожидания», «Оценки социальных проблем», «Уровень жизни населения России», «Государственные институты»,

«Партии и выборы», «Религия», «СМИ, свобода слова», «Страна и мир», «Семья», «Чтение и интернет» и другие. На сайте представлены сборники выпусков, датируемых с 2011 по 2018 гг. В сборнике «Общественное мнение – 2018» на стр.15 приведены графики динамики социального самочувствия с 93 по 2018гг. Такой источник информации нагляден, но не практичен, так как для анализа придется вручную вводить каждый показатель.

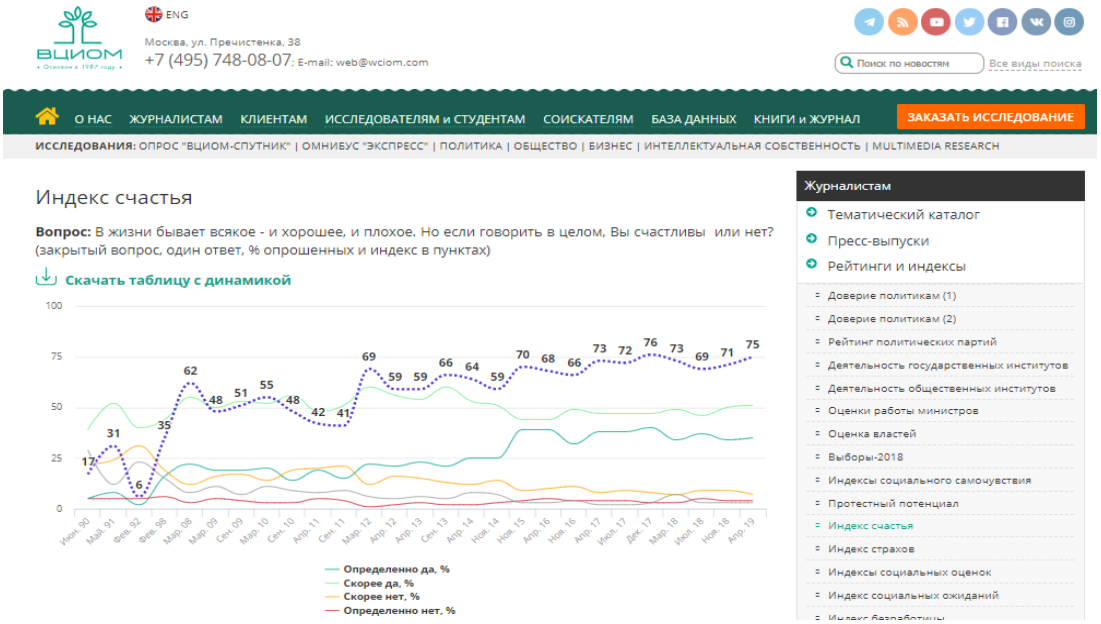


Рис. 9. Сайт Всесоюзного центра изучения общественного мнения

На сайте Фонда общественного мнения (рис. 10) приведены результаты опроса населения на различные темы, кроме того, инструменты сайта позволяют получить готовый анализ результатов исследования с возможности его скачивания в виде файла с данными в формате xlsx.

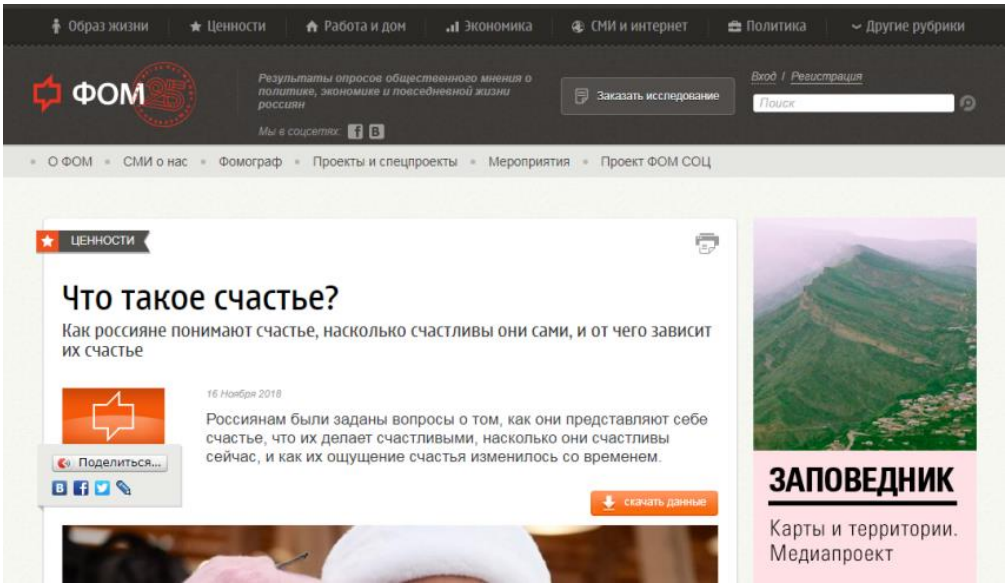


Рис. 10. Сайт Фонда общественного мнения

Социологические данные по РБ можно увидеть в [21]. Например, на стр. 165 представлена диаграмма опроса «Как изменилось Ваше материальное положение за последний год?», но для анализа временные ряды недостаточно длинные.

На сайте национального статистического комитета РБ можно найти весьма разнообразные статистические данные, например, средний размер назначенных пенсий на период с 2000 по 2018 гг. Однако для проведения качественного анализа, как правило, представляемые данные недостаточно подробные.

Исследовательский холдинг Ромир (рис. 11) регулярно проводит сбор статистических данных и их анализ. Например, каждый месяц обновляется и анализируется информация о сумме расходов жителей за прошедший месяц.

Таким образом, при необходимости в сети Internet можно найти множество источников статистических данных. Их выбор обусловлен лишь тем, с какой целью нам эти данные необходимы.

Толчком для проведения исследований социальных данных послужили работы «Социологический мониторинг как инструмент исследования населения Республики Беларусь» Котлярова И. В. [22] и «Архивы социологических данных: история и перспективы» Гаспаришвили А. Т. [23].

Рис. 11. Сайт «Исследовательский холдинг Ромир»

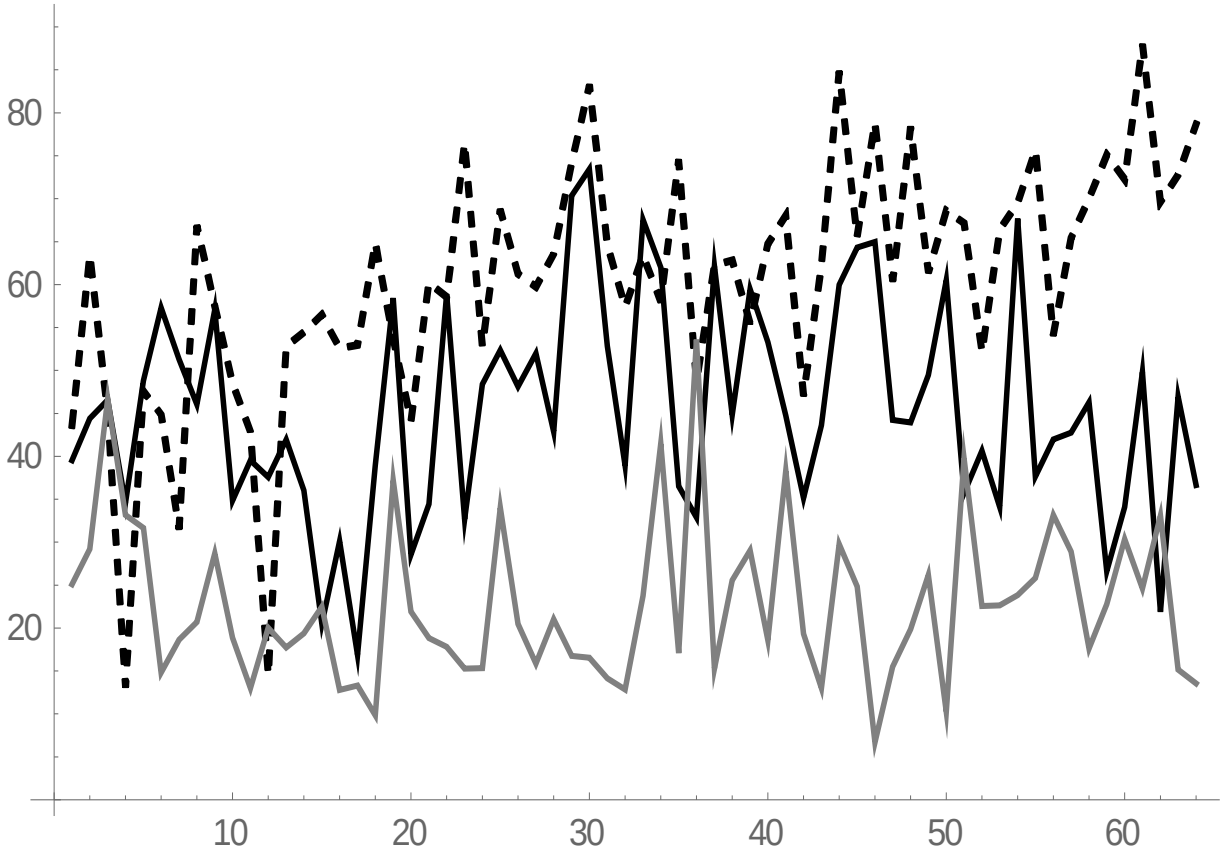


Рис. 12. Данные социологических опросов

6. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО НАСТРОЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

На рисунке 12 представлены временные ряды, построенные по данным, собранным с 2013 по 2019 гг. (по месяцам для различных опросов).

Прерывистая линия − Устраивает ли вас та жизнь, которую вы ведёте (% ответивших удовлетворительно).

Черная линия − Удовлетворены ли вы работой жилищно-коммунальных услуг (% удовлетворены).

Серая линия лояльность клиента (удовлетворены ли вы работой магазина (% ответивших удовлетворительно).

Далее, согласно алгоритму, приведенному в пункте 2, выделены сглаженные компоненты для каждого из рядов (рис. 13).

Используя алгоритм, рассмотренный в пункте 4, построим для каждого из рядов оценку спектральной плотности на третьем уровне разложения.

На первом графике (прерывистая линия − Устраивает ли вас та жизнь, которую вы ведёте (% ответивших удовлетворительно)) присутствует тренд периодичности.

На втором графике (черная линия − Удовлетворены ли вы работой жилищно-коммунальных услуг (% удовлетворены)) присутствует периодичность.

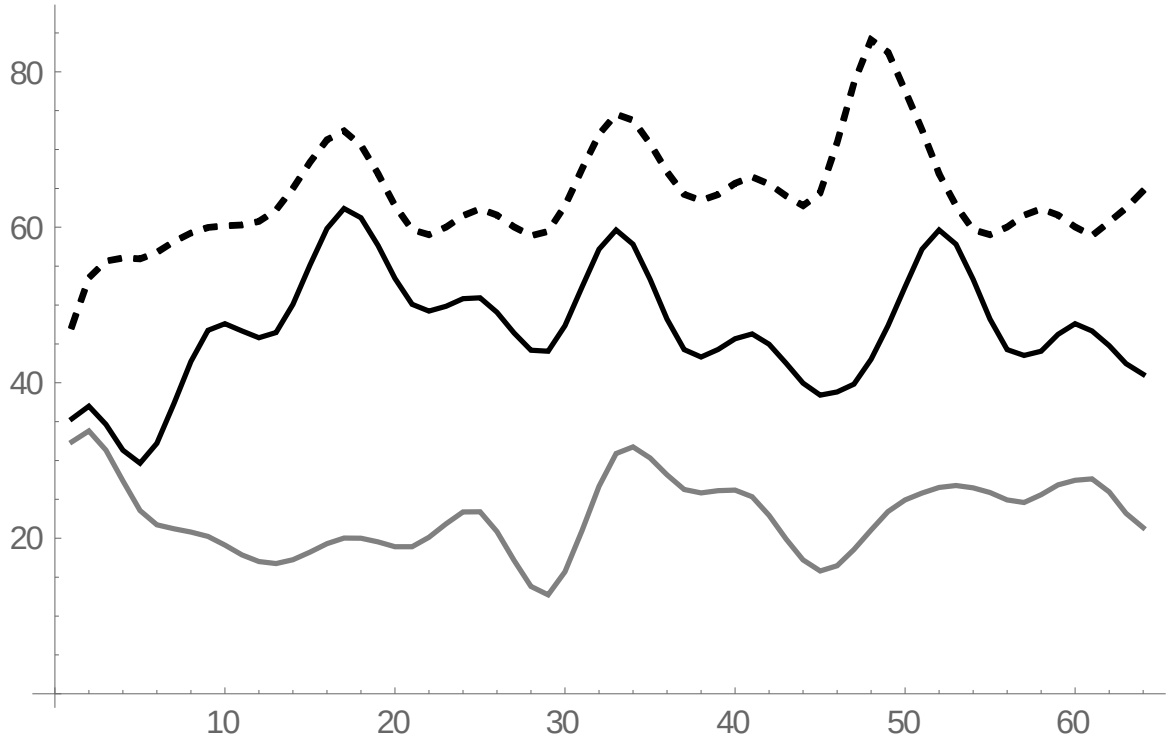


Рис. 13. Сглаженные компоненты

Результаты работы алгоритма представлены на рисунке 14.

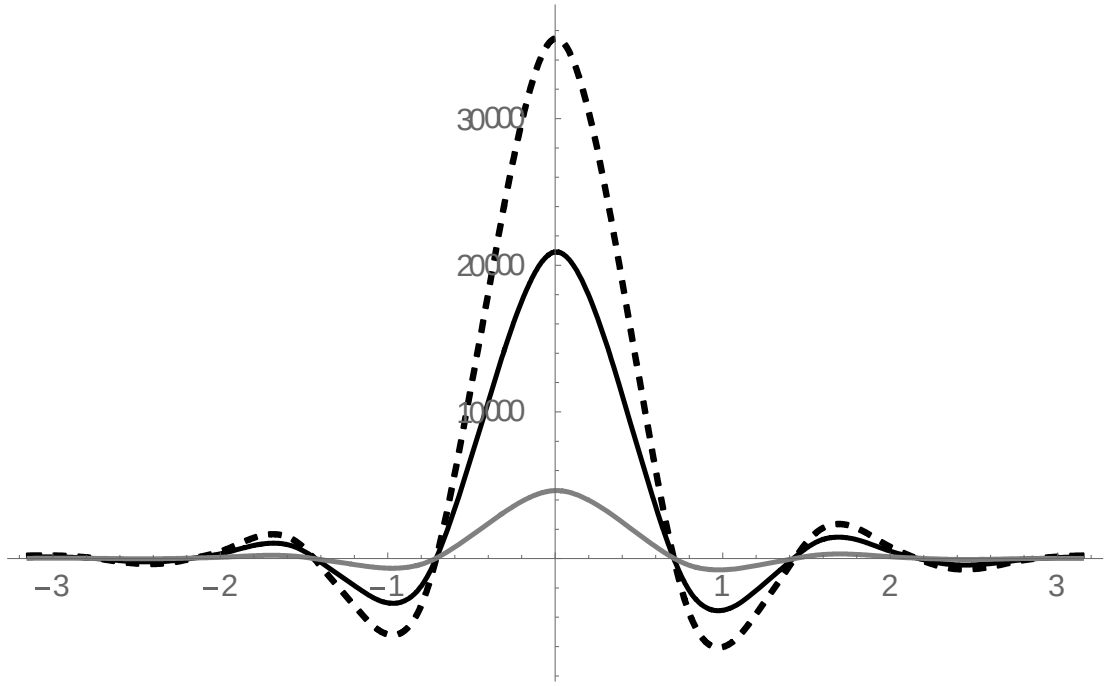


Рис. 14. Оценки спектральной плотности

По построенным оценкам можно предположить, что данные всех трех опросов можно описать моделью процесса авторегрессии первого порядка с различными параметрами.

```
1  require(dtwclust)
2
3  # Преобразование исходных данных в список с 18 элементами,
4  # содержащими отдельные временные ряды:
5  socios_list <- socios %>%
6    mutate(y = log(y)) %>%
7    pivot_wider(., names_from = coin, values_from = y) %>%
8    arrange(ds) %>%
9    dplyr::select(-ds) %>%
10   as.list()
11
12 # Кластеризация:
13 hc_4_ward <- tsclust(
14   cryptos_list,
15   k = 4,                  # запрашиваемое число кластеров
16   type = "hierarchical", # тип кластеризации
17   distance = "dtw",      # мера расстояния
18   seed = 42,
19   control =
20     hierarchical_control(method = "ward.D2"), # метод агломерации
21   args =
22     tsclust_args(dist = list(window.size = 7)) # размер окна Сакэ-Чиба
23 )
24
25 hc_4_ward
26 par(mar = c(0, 4, 2, 2))
27 plot(hc_4_ward, xlab = "", sub = "", main = "")
```

Рис. 15. Программная реализация кластеризации социологических данных

7. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ВИДЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ R

Учитывая многообразие социальных данных, описываемых временных рядов, особую актуальность приобретает применение методов кластеризации для их анализа. Средством программной реализации выбран язык программирования R.

Кластеризация социологических временных рядов может проводиться для нахождения социологических показателей со сходной динамикой, объединение исследуемых групп в однородные группы.

Для анализа социологических данных наиболее подходит метод иерархической кластеризации по исходным данным: когда количество анализируемых временных рядов и их длина относительно невелики.

Для выполнения процедуры кластеризации средствами языка программирования R предлагается использовать пакет dtwclust.

Главной функцией пакета dtwclust является tsclust(), которая возвращает объект класса TSClusters, который реализован с использованием S4 – одной из разновидностей классов, применяемых в R для объектно-ориентированного программирования.

Ниже приведен пример иерархической кластеризации временных рядов социологических наблюдений за 18-ю показателями (рис. 15).

Результат кластеризации графически автоматически визуализируется с помощью дендрограммы с учетом того, что мы применяем иерархический метод. Далее, мы можем применить функцию plot() с аргументом type = "sc", и получить изображение анализируемых временных рядов, сгруппированных в соответствии с результатом кластеризации. В результате получено разбиение социологических временных рядов по заданным 4-м кластерам, при этом в 1-й кластер отнесено 5 временных рядов, во 2-ой кластер – 2 временных ряда, в 3-ий кластер – 6 временных рядов и в 4-ый – 4 временных ряда. В дальнейшем полученные результаты кластерного анализа подлежат содержательной интерпретации специалистами-социологами.

Выполненная выше кластеризация основана на фиксированных параметрах. Однако, рассмотренный пример уже демонстрирует возможности данного метода для выявления дополнительной информации об анализируемых социологических данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье модельные примеры и результаты анализа реальных данных, свидетельствуют о том, что предложенные в статье алгоритмы позволят эффективно обрабатывать данные различных социологических опросов в автоматизированном режиме. Достоинством данных методов является их простота, высокая скорость работы и способность вейвлетов адаптироваться под нестандартное поведение данных, что позволяет выявлять скрытые тенденции и особенности в динамике исследуемых временных рядов.

Список источников

1. Лукашин Ю. П. Адаптивные метода краткосрочного прогнозирования. Москва: «Финансы и статистика», 2003. – 416 с.
2. Harisson P. J. Exponential smoothing and short-term sales forecasting// Management Science. – 1967. – Vol. 13. − № 11. – P. 821-842.
3. Ward D. H. Comparison of different systems of exponentially weighted prediction // The Statistician. L. – 1963. – Vol. 13. − №3. – P. 173-185.
4. Winters P. R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // Management Science. – 1960. – Vol. 6. − № 3. – P. 324-342.
5. Theil H., Wage S. Some observations on adaptive forecasting // Management Science. – 1964. – Vol. 10. − № 2. – P. 198-206.
6. Regels C. C. Exponential forecasting: some new variations // Management Science. – 1969. – Vol. 15. − № 5. – P. 311-315.
7. Dickey D. A., Fuller W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time-series with a unit root // Journal of the American statistical association. − 1979. –V. 74. – P. 427-431.

8. Dickey D. A., Fuller W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root // Econometrica. − 1981. –V. 49. − № 4. – P. 1057-1072.

9. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам [Текст]. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.

10. Mallat S. Multiresolution approximation and wavelet orthonormal bases of $L^2(R)$ // Trans. Amer. Soc. – 1989. – Vol. 315. No. 1. – P. 69–87.

11. Meyer Y. Wavelets: Algorithms & Applications. – Philadelphia: SIAM. – 1993. – 211 p.

12. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab. – М.: ДМК-Пресс. – 2014. − 628 с.

13. Semianchuk N. Calculate Wavelet Spectral Estimate // Scientific Research of the Institute of Mathematics and Computer Science of Czestochowa University of Technology. − 2012. − Vol.11. – No. 1. − P.149-159.

14. Semianchuk N. Algorithms of calculate wavelets spectral estimate with Doubeshies scaling function // Modeling and Simulation : MS'2012 : Proc. of the Intern. Conf., 2-4 May 2012, Minsk / BSU. − Minsk: Publ. Center of BSU, 2012. – 178 p.

15. Deytseva A., Semianchuk N. On quadrature formulas for calculation of approximation wavelet coefficients // Computer Algebra Systems in Teaching and Research. Mathematical modeling in physics, civil engineering, economics and finance. – Siedlce. – 2011. − P. 36-41.

16. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 5. – С. 465–561.

17. Шустенкова Е. А. Множественный вейвлет-анализ в социологии. // Вестник общественного мнения № 2 (94) с. 49−59.

18. Инновационное развитие отраслей социальной сферы // под редакцией С. А. Шавеля. – Минск: Беларусская навука. – 2017. − 347 с.

19. Давыдов А. А. Вейвлет-анализ социальных процессов // Социс. – 2003. – №11. – С. 89–101.

20. Семенчук Н. В., Труш Н. Н. Скорость сходимости смещения оценки спектральной плотности, построенной с помощью масштабирующей функции Койфмана // Вестник БГУ Сер.1 Физика, математика, информатика. − 2009. − № 2. − С.57−60.

21. Социологические данные [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://eschool.by/wp-content/uploads/2019/04/011.pdf. (30.12.2021)

22. Котляров, И.В. Социологический мониторинг как инструмент исследования населения Республики Беларусь // Народонаселение [Электронный ресурс]. – 2012. – №2. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/. (05.02.2022)

23. Гаспаришвили, А.Т. Архивы социологических данных: история и перспективы / А.Т. Гаспаришвили // Вестник РУДН [Электронный ресурс]. – 2013. – №3. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/v/arhivy-sotsiologicheskih-dannyh-istoriya-i-perspektivy. (01.02.2022)

© Л.В. Рудикова-Фронхёфер, Н.В. Семенчук, А.Г. Дейцева, Е.В. Банюкевич, 2023

УДК 004.91:7.067

ГЛАВА 2. О ПОДХОДАХ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ

Рудикова-Фронхёфер Лада Владимировна
к. ф.-м. наук, доцент,
Сакута Вадим Петрович
магистрант,
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Аннотация: в данной главе монографии приведены ключевые аспекты создания системы, необходимой для накопления, обработки и анализа данных произведений художественной ценности. Описывается характеристика главных компонентов системы, основные функции и особенности ее архитектуры.
Ключевые слова: веб-приложение, анализ данных, накопление данных, обработка данных, система, произведения художественной ценности, общая архитектура, модель данных, модель функций, клиент, сервер.

ON APPROACHES TO DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR COLLECTING AND PROCESSING DATA OF WORKS OF ARTISTIC WORKS

Rudikova-Fronhoefer Lada Vladimirovna,
Sakuta Vadim Petrovich

Abstract: The monograph presents the key aspects of creating a system necessary for the accumulation, processing and analysis of these works of artistic value. The characteristics of the main components of the system, the main functions and features of its architecture are described.
Key words: web application, data analysis, data accumulation, data processing, system, works of artistic value, general architecture, data model, function model, client, server.

В настоящее время программное обеспечение, разработанное для определенных областей, становится все более актуальным. Это позволяет решать разнообразные задачи – научные, промышленные, социально-культурные и бизнес-задачи [1-6]. В контексте создания специализированной системы, особый интерес представляет разработка универсальной интегрированной Интернет-

системы, предназначенной для сбора, хранения и обработки данных историко-художественного наследия.

Из-за богатства и разнообразия мирового культурного наследия, разработка единого программного обеспечения, которое могло бы обрабатывать все произведения искусства, на данный момент является задачей высокой сложности. Поэтому в процессе создания системы будут рассмотрены только произведения художественной ценности, как, например, картины. Это позволит в дальнейшем разработать универсальный подход для анализа, который можно будет применять к более широкому спектру произведений искусства и исторической ценности.

Предлагаемое исследование посвящено созданию универсальной системы, которая будет собирать и обрабатывать данные о произведениях искусства и помогать экспертам составлять заключения и рекомендации. Система будет полезна любителям искусства и можно привлечь дополнительную аудиторию.

Однако основные потребители – историки искусства, научные исследователи и агентства, галереи и частные коллекционеры, которые заинтересованы в получении максимально достоверной информации.

Классификация произведений художественной ценности определяется общими чертами, присущими различным видам искусства. Она также применяется для установления отношений и аспектов, присутствующих в художественных произведениях. При этом следует учитывать, что любая классификация является относительной.

Существует несколько типов классификаций произведений художественной ценности, наиболее распространенная из них делит их на три группы. Первая группа включает литературные произведения, вторая – визуальные, а третья – звуковые. Литературные произведения, в свою очередь, делятся на прозу, поэзию, драматургию и т.д. Визуальные произведения могут включать живопись, скульптуру, архитектуру и пр. Третья группа, звуковые произведения, включает музыку, аудиограммы, радиопередачи и т.д. Каждая группа содержит подробные характеристики и элементы, приводимые ниже, отличающие ее от других групп [1].

1. Художественные направления, которые используют физическое пространство для создания образов – живопись, скульптура, графика, художественная фотография, архитектура, декоративно-прикладное и дизайн.

2. Творческие направления, где образы строятся во времени, а не в реальном пространстве – словесные и музыкальные.

3. Категория искусств, которые совмещают физическое пространство и временной фактор – танец, актерское искусство, синтетические жанры, такие как театр, кино, телевидение, эстрада и цирковое искусство.

Живопись – это наиболее известный вид изобразительного искусства, богатый различными средствами, включая хроматические и ахроматические тональные отношения. Она тесно связана с картинностью и наглядностью изображения, что дает полное представление о форме и пространстве. На данный

момент нет единого источника, который бы предоставлял информацию о художниках и их работах, а также о истории создания картин. Анализ и сбор информации требуют учета множества факторов, чтобы получить объективные данные, и задача по анализу данных из разных источников требует достаточно много времени.

Если говорить об универсальной системе, то стоит отметить, что ее функционал довольно сложен и может быть расширен по мере необходимости. Именно поэтому данные о конкретных модулях предоставляются пользователям последовательно.

Первым модулем, который рассматривается в данном случае, является модуль, который обрабатывает информацию о художественных произведениях.

Если пользователи хотят получить базовую информацию об авторах и их работах, а также осуществить минимальный поиск данных, то не требуется регистрация в системе.

Однако, если пользователь хочет получить расширенный функционал, он обязан зарегистрироваться и указать свои логин, пароль и электронную почту. Важно отметить, что пользователи системы разделены на категории и имеют различные привилегии.

Для того, чтобы поддерживать работу модуля системы, который связан с произведениями художественной ценности, необходимо предоставить ряд функций, которые отображены на диаграмме вариантов использования, представленной на рисунке 1.

Основными пользователями системы являются: Администратор, Зарегистрированный пользователь и Гость.

Главная задача Администратора заключается в администрировании системы, что включает различные функции. В частности, он может модифицировать метаданные, то есть определять основные характеристики данных, искать, просматривать и модифицировать сами данные, а также управлять пользователями системы. В свою очередь, Администратор имеет дело с администрированием базы данных, где он устанавливает правила и порядок доступа к ней и также следит за тем, чтобы система работала без сбоев. Он также модерирует данные, то есть контролирует и управляет теми информационными потоками, которые происходят в системе. Для выполнения всех этих задач Администратор использует специальные инструменты и интерфейсы, такие как интегрированный интерфейс системы управления базой данных (СУБД) и соответствующий интерфейс Администратора.

Основной функцией Зарегистрированного пользователя является просмотр необходимой информации и формирование аналитических отчетов, а также комментирование работ авторов.

Кроме перечисленных пользователей системы некоторые функции просмотра и поиска информации доступны также Гостю системы.

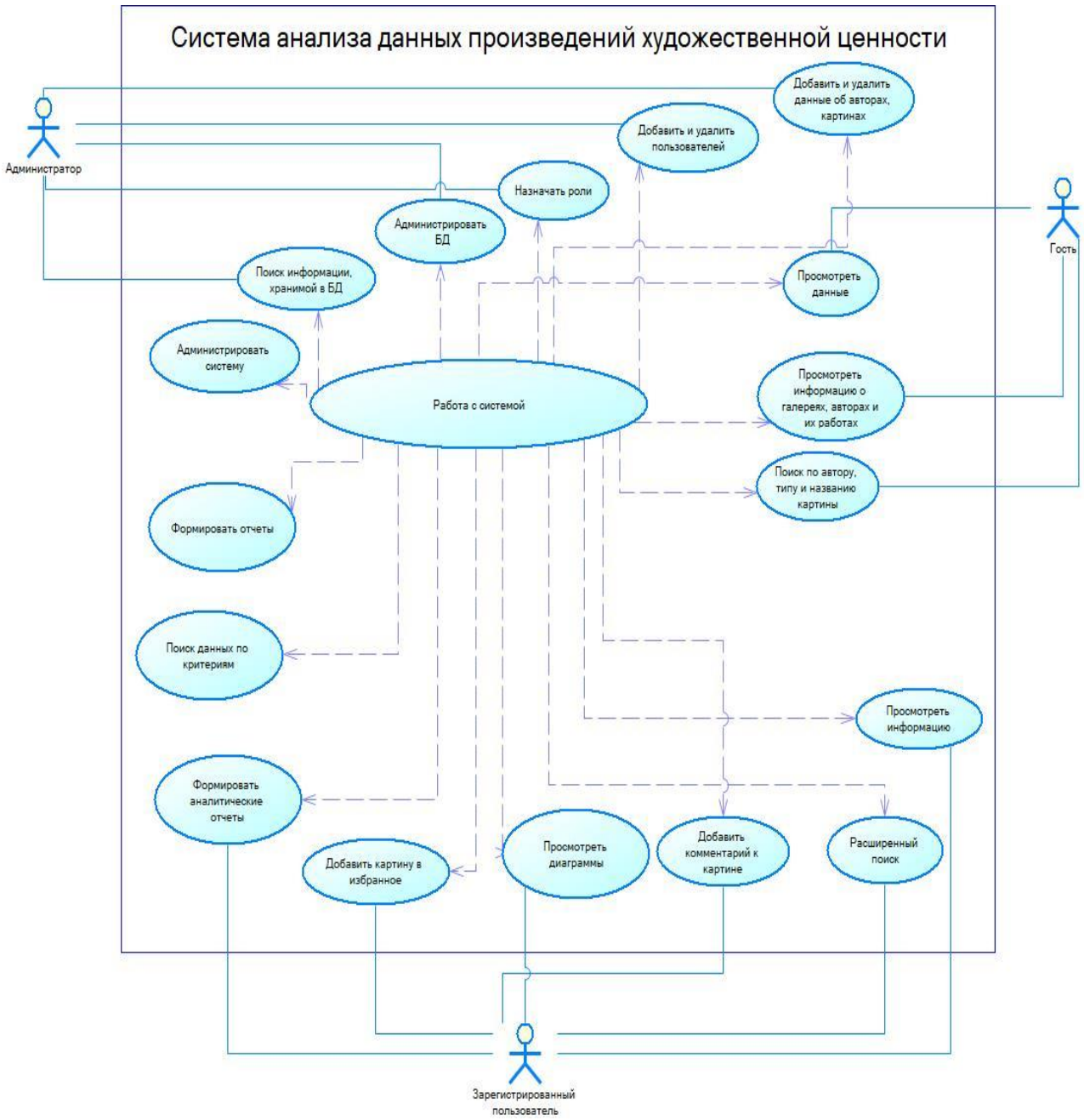


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования модуля системы, связанной с произведениями художественной ценности

Для создания модели данных используется структурная методология и общие принципы концептуального проектирования [7, 8, 9, 10]. Это означает, что система определяет сущности, ограничения на данные, ограничения целостности и пользовательские ограничения.

Интернет-ресурс предназначен для хранения, накопления и обработки информации по запросу исследователя. Особое внимание уделяется объектам, которые находятся в частных коллекциях или в музеях. В рамках системы главной категорией являются исследуемые образцы (произведения художественной ценности).

Система будет хранить расширенную информацию об объектах, включая название, описание, тип, категорию, жанр, информацию об авторе художественного произведения, фотографии объекта и другие сведения.

При создании концептуальной модели данных, были уточнены основные сущности уже существующей универсальной системы. Схема отображена на рисунке 2.

Основными сущностями модели данных являются следующие:

- «Произведение искусства» (ARTWORK) – хранит информацию обо всех художественных объектах, имеющихся в системе;
- «Автор произведения» (AUTHOR) – информация об авторе;
- «Исторический период» (HISTORICAL_PERIOD) – исторический период, в который было создано произведение;
- «Стиль» (STYLE) – стиль, в котором было создано произведение искусства.
- «Техника» (TECHNIKS) – техника, в которой создано произведение (масляная, акриловая, смешанная и т.д.);
- «Страна» (COUNTRY) – страна, где находится художественный объект;
- «Город» (CITY) – город, где находится художественный объект;
- «Жанр произведения искусства» (GENRE, SUBGENRE) – содержит информацию о жанре и поджанре, к которому относится произведение искусства (портрет, пейзаж, архитектурный и т.д.);
- «Материалы» (MATERIAL) – информация о материалах, которые использовались для создания работы;
- «Галерея» (GALLERY) – информация о галереи (музей, частная коллекция, государственная коллекция), в которой картина находится на данный момент;
- «Комментарий» (ARTWORKS_COMENTS) – хранит информацию о комментариях к работам авторов;
- «Избранные картины» (ARTWORKS_BOOKMARKS) – информация о картинах, которые были добавлены в избранное пользователем;
- «Избранные авторы» (AUTHORS_BOOKMARKS) – информация о авторах, которые были добавлены в избранное пользователем;
- «Пользователь» (USER) – информация о зарегистрированных пользователях и администраторах системы.

Для создания универсальной системы сбора и хранения данных, связанных с анализом произведений художественной ценности, была проведена детальная исследование предметной области и возможностей системы разработки и модификации. На основе полученных данных была создана концептуальная модель данных, которая представляет собой основу для хранения и обработки информации. В качестве технологии хранения данных была использована система складирования данных. Это позволило создать целостную систему, которая интегрирует и обрабатывает информацию о произведениях искусства и их анализе.

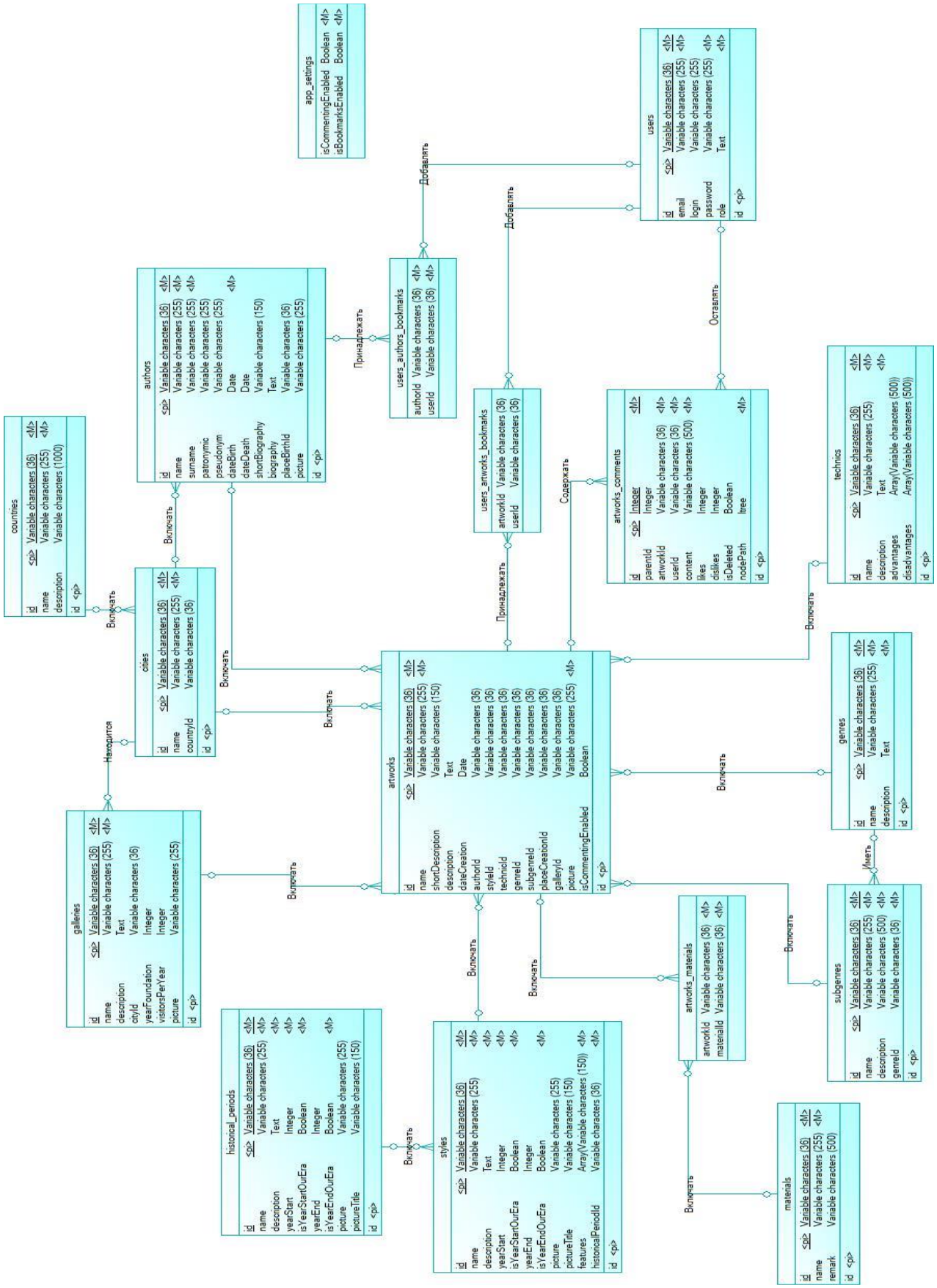


Рис. 2. Концептуальная модель данных, связанная с исследованием произведений художественной ценности

На основе концептуальной модели данных средствами Sybase PowerDesigner сгенерирован SQL-скрипт для создания базы данных в Microsoft SQL Server.

Для разработки универсальной Интернет-системы обработки данных произведений художественной ценности, были выбраны следующие инструменты: язык программирования JavaScript, программная платформа Node.js (веб-фреймворк Express), объектно-реляционная база данных PostgreSQL, библиотека ReactJS, которая используется для создания single-page-приложений, дизайн система веб-компонентов Ant Design и MobX, который используется для управления состоянием веб-приложения.

Для разработки системы была выбрана монолитная архитектура (рисунок 3).

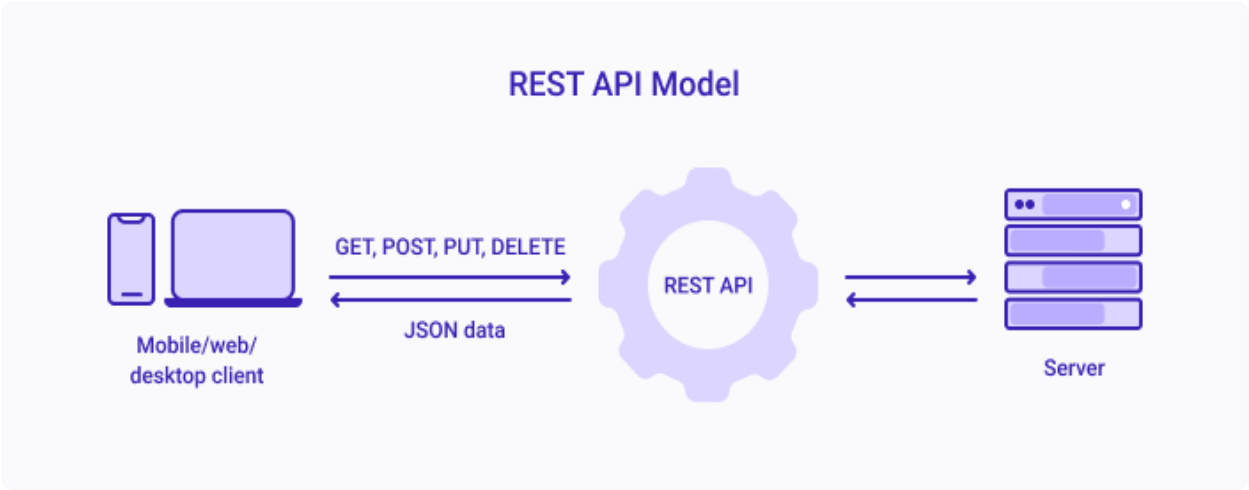


Рис. 3. Архитектура системы анализа произведений художественной ценности

Монолитная модель относится к единой неделимой единице. При использовании монолитной модели, различные компоненты приложения объединяются в одну программу, работающую на одной платформе. Обычно такое приложение состоит из трех основных компонентов: базы данных, клиентского пользовательского интерфейса и серверного приложения. Все части программного обеспечения стандартизированы, что позволяет управлять всеми его функциями в одном месте. Также компоненты монолитного программного обеспечения взаимосвязаны и взаимозависимы, что обеспечивает его самодостаточность. Эта архитектура считается традиционным и проверенным решением для создания приложений.

Преимущества монолитной архитектуры.

1. Простота развертывания: всё приложение находится в одном месте, что делает его развертывание проще и быстрее.

2. Улучшенная масштабируемость: приложение может масштабироваться горизонтально (добавление серверов) или вертикально (увеличение ресурсов на существующих серверах) для поддержки большого количества пользователей.

3. Улучшенная безопасность: управление и защита данных приложения находятся под контролем сервера, что снижает риски несанкционированного доступа.

4. Однородность: все компоненты приложения находятся в одном месте, что делает его более удобным для разработки и поддержки.

5. Лучшая производительность: монолиты часто обеспечивают лучшую производительность благодаря тому, что все компоненты находятся в одном месте и работают более эффективно.

6. Простота тестирования: тестируемость приложения облегчается, поскольку все его компоненты находятся вместе.

7. Меньше накладных расходов: монолиты обычно требуют меньше накладных расходов на управление и поддержку, чем распределенные системы.

Разрабатываемое приложение является клиент-серверным и имеет несколько уровней архитектуры для удобства работы с данными. На самом нижнем уровне находится база данных, которая хранит информацию о произведениях художественной ценности и данные пользователей. На следующем уровне - бизнес-логика, которая включает в себя контроллеры и внутренние сервисы, обеспечивающие взаимодействие с базой данных. На верхнем уровне - прикладной уровень, который предоставляет конечные точки (endpoints) для клиентских приложений, обеспечивая доступ к данным через HTTP запросы. Таким образом, приложение придерживается RESTful архитектуры, которая предоставляет API клиентскому приложению для удобного доступа к данным.

REST (Representational State Transfer) — это стиль архитектуры, который используется для взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети. REST представляет собой набор ограничений, которые являются обязательными при проектировании распределенных гипермедийных систем. В некоторых случаях это приводит к повышению производительности и упрощению архитектуры приложения. Рест-совместимые приложения предоставляют удобный интерфейс для взаимодействия с API через HTTP запросы.

Для реализации сервера используется платформа Node.js (веб-фреймворк Express) [11]. Node.js – это среда выполнения JavaScript, которая позволяет выполнять код на стороне сервера. Он основан на движке V8 от Google, который используется в браузере Chrome. Node.js предоставляет множество возможностей для разработки веб-приложений и API-сервисов, а также для создания приложений для IoT и мобильных устройств. В основе Node.js лежит событийно-ориентированное и асинхронное (или реактивное) программирование с неблокирующим вводом/выводом. Одним из главных преимуществ Express.js является его гибкость. Он позволяет разработчикам выбирать наиболее подходящие инструменты и библиотеки для конкретного проекта, что делает его очень удобным для создания приложений любой сложности. Для доступа к базе данных в объектно-ориентированном стиле используется библиотека Sequelize – это одно из самых солидных решений в области ORM (Object Relational Mapping). Одним из главных преимуществ Sequelize является удобство работы

с базами данных. Она предоставляет простой и интуитивно понятный интерфейс для работы с данными, что делает ее очень удобной для разработки приложений любой сложности. Sequelize также обладает мощными функциями миграции данных, которые позволяют разработчикам легко изменять структуру базы данных и переносить данные между различными СУБД. Это делает ее очень гибкой и удобной для использования в различных проектах. Одним из главных преимуществ Sequelize является ее способность работать с асинхронным кодом, что делает ее идеальным выбором для создания высокопроизводительных приложений. Она также поддерживает использование Promise API, что делает ее очень удобной для работы с асинхронными операциями.

В качестве хранения данных используется свободная объектно-реляционная база данных PostgreSQL. PostgreSQL – это одна из наиболее популярных и эффективных систем управления базами данных. Данные в ее базах хранятся в отдельных таблицах (реляциях). Это улучшает быстродействие и гибкость. Таблицы связаны определенными отношениями, делающими возможным объединять данные из нескольких таблиц в одном запросе для поиска информации. PostgreSQL часто используется для разработки приложений с высокой нагрузкой, таких как веб-приложения и аналитические системы.

Для реализации веб-клиента используется JavaScript, TypeScript, React.js, MobX, Styled Components, HTML, Ant Design. Сегодня React.js [12] является наиболее популярной и востребованной библиотекой для создания веб-приложений (SPA – Single Page Application). Она предоставляет набор инструментов и расширений для языка JavaScript, которые позволяют разрабатывать интерфейс приложения в функциональном стиле, объединяя разметку HTML документа и код на языке Javascript. Кроме того, помимо удобства и лаконичности, сообщество разработчиков создало огромную инфраструктуру сторонних модулей и библиотек, которые могут быть интегрированы и расширены для улучшения возможностей React.js. В данной работе в качестве одного из таких сторонних решений используется популярная дизайн-система веб-компонентов Ant Design. Каждый компонент имеет свои свойства, которые можно настроить на свое усмотрение. Также в Ant Design имеется поддержка адаптивного дизайна и возможность настройки стилей. Еще одним важным архитектурным принципом, который используется в веб-клиенте, является принцип сохранения и управления состоянием на основе «наблюдаемых» значений, которые автоматически обновляются при изменении зависимых значений. Реализуется такой принцип за счёт использования библиотеки MobX. MobX предоставляет простое и мощное решение для управления состоянием, которое может быть использовано для создания высокопроизводительных реактивных приложений на всех уровнях. Также следует отдельно отметить язык программирования TypeScript, набирающий все большую популярность в среде веб-программирования. TypeScript – это компилируемое расширение JavaScript, которое добавляет возможности классических строго-типизированных языков программирования, таких как C# и Java, включая типизацию объектов, generic-

типы и классы, интерфейсы и перечисления. После компиляции и проверки кода TypeScript трансформируется в валидный JavaScript, который может быть выполнен в браузере [13].

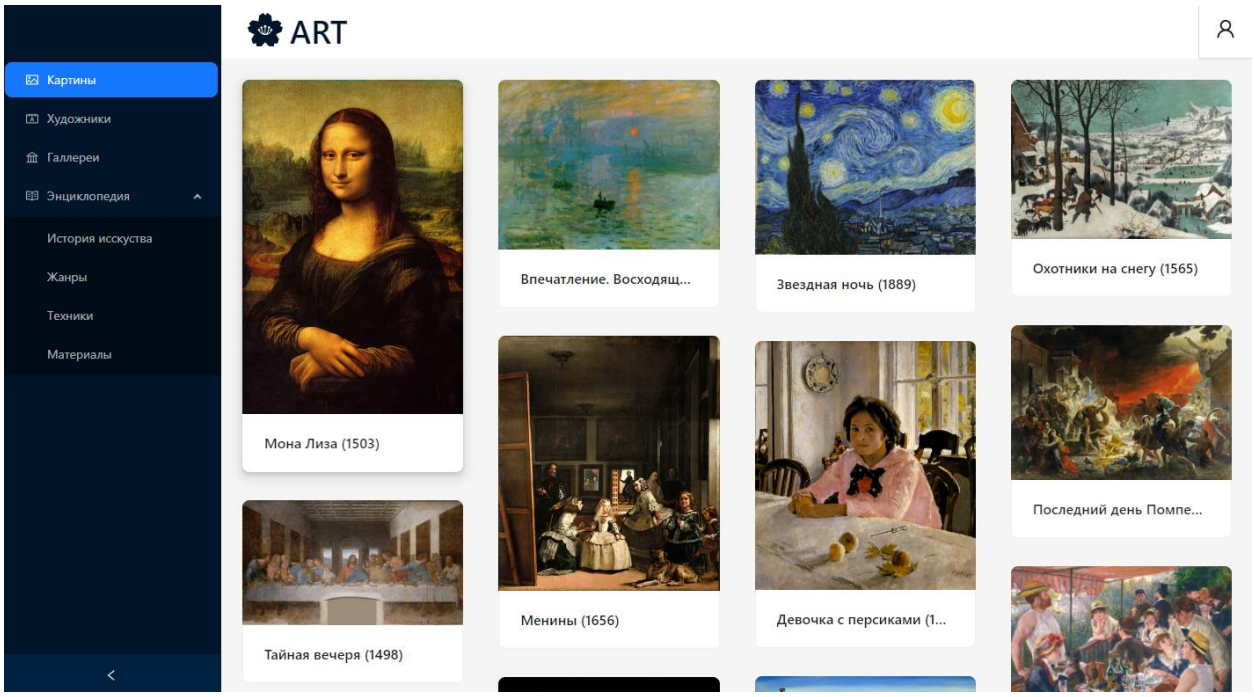


Рис. 4. Главный экран приложения с картинами

В frontend-разработке используется принцип «умных» и «глупых» компонентов, который предполагает разделение бизнес-логики и представления данных на отдельные компоненты. Это означает, что в приложении не должно быть компонентов, отвечающих одновременно за бизнес-логику и отображение данных. Вместо этого, бизнес-логика реализуется в «умном» компоненте, а представление данных - в «глупом». Связь между ними осуществляется через механизм связывания данных. Например, на странице, может быть, поисковый фильтр с различными компонентами для ввода параметров. «Умным» компонентом является совокупность компонентов ввода данных, а сами компоненты ввода – лишь отображением данных, которые они получают от «умного» компонента. При изменении данных пользователем, поле извещает «умный» компонент, который производит необходимые операции с новым значением поля и обновляет данные. Принцип «умных» и «глупых» компонентов является одним из основных архитектурных принципов в современной frontend-разработке.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что данная система (рисунок 4) представляет собой весьма значимое новшество, порождающее множество преимуществ. Она позволяет автоматизировать широкий спектр задач и с легкостью предоставляет пользователю всю необходимую информацию в наглядном виде, благодаря простому и удобному интерфейсу.

Список источников

1. Cory Althoff. The Self-Taught Programmer: The Definitive Guide to Programming Professionally / Cory Althoff. – Нью-Йорк: Triangle Connection LLC, 2016 – 302с.

2. Eric Freeman, Elisabeth Robson, Bert Bates, Kathy Sierra. Head First Design Patterns: A Brain-Friendly Guide / Eric Freeman, Elisabeth Robson, Bert Bates, Kathy Sierra. – Нью-Йорк: O'Reilly Media, 2004 – 694с.

3. Robert C. Martin. Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship / Robert C. Martin. – Нью-Йорк: Prentice Hall, 2008 – 646с.

4. Mityagin, S. A. City Information Modeling: Designing a Conceptual Data Model / S. A. Mityagin [et al.]. // Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia: papers from the 7th International Conference, EGOSE 2020, St. Petersburg, Russia, November 18–19, 2020 / ed.: A. Chugunov [et al.]. – Springer, 2020. – P. 219-231.

5. Рубаков, С. В. Современные методы анализа данных / С. В. Рубаков // Журнал «Управление наукой и наукометрия». – 2008. – № 7. – С. 165–176.

6. Patterns&Practices: Руководство Microsoft по проектированию архитектуры приложения / Корпорация Майкрософт. – 2-е изд. – Microsoft, 2009. – 529 с.

7. Вендров, А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А. М. Вендеров. – Москва: Финансы и статистика, 1998. – 98 с.

8. Рудикова, Л.В. Об общей архитектуре универсальной системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности // Л.В. Рудикова / Системный анализ и прикладная информатика. – Мн.: БНТУ, 2017. – №2. – С. 12-19.

9. Рудикова, Л.В. Проектирование баз данных / Учебное пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальностям «Программное обеспечение информационных технологий», «Экономическая кибернетика», «Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность)», «Информационные системы и технологии (в экономике)» / Л.В. Рудикова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 352 с.

10. Фаулер, М. UML. Основы. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования / М. Фаулер // Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 192 с.

11. Документация Node.js, https://nodejs.org/en/docs/.

12. Документация библиотеки React, https://reactjs.org/.

13. Документация TypeScript, https://www.typescriptlang.org/

© Л.В. Рудикова-Фронхёфер, В.П. Сакута, 2023

УДК 004.91:7.067

ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ГРАФАХ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОГО ТРАФИКА

Рудикова-Фронхёфер Лада Владимировна
к. ф.-м. наук, доцент,
Игнатенко Николай Иванович
магистрант
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Аннотация: в данной главе монографии приведены подходы и идеи, используемые при прогнозировании транспортного трафика в пределах страны, применяя методы анализа временных рядов и машинного обучения, в частности полносвязных, рекуррентных и графовых нейронных сетей. Представлены разработанные модели, а также дана их сравнительная характеристика при тестировании на данных дорожных сенсоров.
Ключевые слова: машинное обучение, графовые нейронные сети, обучение представлений, случайные блуждания, трафик, анализ данных.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING ON GRAPHS IN PREDICTING TRANSPORT TRAFFIC ACROSS THE COUNTRY

Rudikova-Fronhoefer Lada Vladimirovna,
Ihnatsenka Mikalai Ivanovich

Abstract: The monograph presents approaches and ideas used in forecasting transport traffic within the country, using methods of time series analysis and machine learning, in particular fully connected, recurrent and graph neural networks. The developed models are presented, as well as their comparative characteristics are given when testing on the data of road sensors.
Key words: machine learning, graph neural networks, representation learning, random walks, traffic, data analysis.

В течение последних десятилетий люди наблюдают беспрецедентный рост городов и повышение уровня урбанизации. Городские процессы становятся все более комплексными и непредсказуемыми, вследствие чего возникает необходимость в более выразительной форме их описания.

В связи с активным развитием информационных и коммуникационных технологий все громче звучит концепция «умного города». Задачей создания «умного города» является улучшение качества жизни путем использования технологии городского информационного обеспечения для повышения эффективности обслуживания и удовлетворения нужд жителей. Важным фактором

«умного города» является использование этих технологий для контроля, анализа и планирования. Это позволяет городским властям напрямую взаимодействовать с жителями и городской средой, отслеживать процессы в городе, быстро определять какие проблемы преследуют его жителей или какие способы помогают улучшить качество жизни. За счет использования датчиков, работающих в режиме реального времени, накопленные данные от городских жителей и устройств обрабатываются и анализируются. В этой информации содержится ключ к рационализации и повышении эффективности городских механизмов. На основе идеи о умном городе можно ожидать более быстрого ответа на сложные проблемы, чем при простом «операционном» отношении со своими гражданами [1].

Следует отметить, что для решения широкого спектра прикладных проблем одних только собранных данных недостаточно. Чтобы описать и оценить сложные по своей сути механизмов не хватает также и инструментов OLAP, поскольку зависимости не всегда могут быть выражены аналитически. В процессе поиска эмпирических закономерностей в данных активно и успешно используют методы машинного обучения. Эта группа методов искусственного интеллекта получила значительное распространение в широком спектре задач, начиная от кредитного скоринга, диагностики и информационного поиска, заканчивая распознаванием речи и образов.

Для табличных данных использование таких, уже классических, методов, как линейная и логистическая регрессия, деревья решений, градиентный бустинг, методы опорных векторов и ближайших соседей и прочих давно стало стандартом [2]. Тем не менее, для большинства задач со структурированными данными, мощности и выразительности этих методов оказалось недостаточно. В результате развития вычислительных мощностей и увеличения размеров доступных для обучения наборов данных нейронные сети получили новое развитие. Теоретически доказано, что нейронная сеть может приблизить любую функцию, но обучить сеть решать любую задачу оказалось сложнейшей проблемой. Экспериментально сложилось так, что структура данных является ключевым критерием при обучении нейронной сети, и это наглядно доказывает разнообразие архитектурных решений для различных по сущности данных. Как следствие этого, проблема распознавания образов способствовала появлению и разработке сверточных нейронных сетей [3], предсказание временных рядов и обработка естественного языка – рекуррентных сетей [4], трансформеров и механизма внимания [5]. Так, нейронные сети удачно применяются для структурированных данных, однако до недавнего времени просторный класс задач, которые имеют нерегулярную структуру данных, в том числе графы, оставался вне их поля применения. Появление графовых нейронных сетей дало мощный толчок к проведению исследований и экспериментов в этом направлении и уже способствовало появлению значимых результатов в рекомендательных системах [6], фармакологии [7], комбинаторной оптимизации и прочих областях.

Целью исследования данной статьи было изучение и разработка регрессионных моделей в задаче прогнозирования трафика, использующих наработки современных подходов машинного обучения на графах, создание графовых нейронных сетей, таких как Random Walks [8], Graph Attention Networks (GAT) [9], GCN [10], а также – другие методы машинного обучения. Кромке того, частью работы являлось также сравнение производительности и выразительности моделей, использующих структуру данных, с традиционными, детерминированным методами, не использующими эту информацию.

За последние годы подходы, учитывающие графовую структуру данных, показывают лучшие результаты на широком ряде задач.

Один из самых популярных сервисов в мире – Google Maps, с 2021 использует движок на базе графовых нейронных сетей для прогнозирования продолжительности маршрута. Исследователи из DeepMind в партнерстве с командой Google Maps улучшили точность расчетного времени прибытия (ETA) в реальном времени до 50% в таких местах, как Берлин, Джакарта, Сан-Паулу, Сидней, Токио и Вашингтон, округ Колумбия, используя передовые методы машинного обучения, включая графовые нейронные сети [11].

Для предсказания непосредственно трафика лучшие результаты показывали также модели с использованием графовых нейронных сетей. Так, исследование 2022 года, в котором описывается авторская модель MegaCRN, использует encoder-decoder архитектуру с комбинацией рекуррентных и графовых нейронных сетей с некоторыми идеями из трансформеров [12]. Китайские ученые использовали трансформер блоки с пространственно-временными графовыми нейронными сетями, и тоже смогли добиться очень хороших показателей [13].

«Проблема сворачивания белков» на протяжении последних 50 лет являлась одной из главных задач в биологии до 2020 года. В качестве крупного научного достижения последняя версия системы искусственного интеллекта AlphaFold была признана решением этой сложной задачи – критической оценки прогнозирования структуры белка (CASP). AlphaFold использует графовую нейронную сеть с механизмом внимания [14].

Pinterest – самый популярных фотохостинг в мире. Начиная с 2018 года, они используют рекомендательную систему, в основе которой лежат графовые сверточные нейронные сети [6].

Фреймворк GNS (симуляторы на базе графовых сетей), используя принцип Message Passing, позволяет научиться моделировать широкий спектр сложных физических областей, включая жидкости, твердые тела и деформируемые материалы, взаимодействующие друг с другом. Результаты показывают, что модель может обобщаться от однократных прогнозов с тысячами частиц во время обучения до различных начальных условий, тысяч временных шагов и, по крайней мере, на порядок большего количества частиц во время тестирования [15].

GCN – масштабируемый подход к полууправляемому обучению на графически структурированных данных, основанный на эффективном варианте сверточных нейронных сетей, которые работают непосредственно на графах.

Приведем также обзор данных, с которыми работали авторы. Для исследований брались данные дорожных сенсоров по стране. Дорожная сеть задается следующим образом: сенсоры на дорогах определяются как вершины, а ребро входит в множество ребер по следующему условию: если на любом пути между двумя сенсорами нет другого сенсора – ребро существует. Данные содержат интенсивность движения (количество машин, считанных сенсором), которую мы считаем за трафик, и среднюю скорость потока, агрегированные по 15 минут. Для каждой вершины известны были ее географические координаты, также для ребер были задана дистанция в километрах. Временные данные покрывали примерно 2 месяца (январь и февраль). Для примера приведем график изменения трафика для нескольких дорожных сенсоров.

Когда разделение между наблюдаемым и ненаблюдаемым трафиком является временным, т.е. все местоположения наблюдаются до определенного времени T и не наблюдаются после этого, тогда можно говорить о прогнозировании. Модель здесь может использовать идею циркуляции потока по городу, и, таким образом, пассажиропоток в данный момент времени в данном местоположении связан с пассажиропотоком в предыдущие недавние моменты времени в соответствующих близлежащих локациях (циркуляция городского потока – это непрерывный процесс, и люди, активные в настоящее время в одном месте, ранее были активны в других местах вокруг). По сути, данная задача является задачей предсказания временных рядов. В работе прогнозировался трафик в момент времени T+1.

В процессе выполнения экспериментов было замечено, что показатели трафика, взятые более чем час назад до момента прогноза, лишь усложняют модель и не дают значимых улучшений, поэтому во всех опытах использовались лишь последние 4 наблюдения, что соответствует 1 часу, так как агрегация была произведена по 15 минут.

Перед подачей данных в модели проводилась важная предобработка. Во-первых, из выборки были выброшены все вершины, у которых отсутствуют 25% процентов данных; а для оставшихся вершин пропуски в данных интерполировались по ближнему. Во-вторых, проводилась стандартизация отдельно для каждой из вершин.

Season Naive Model. Сезонная наивная модель применялась как одна из основных моделей, не знающих ничего о структуре сети и данных соседей. Отметим, что для более стабильного прогноза относительно выбросов в качестве прогноза бралось не последнее значения трафика на прошлой неделе, в тот же день и время, а среднее значение по обучающей выборке для каждого дня недели и времени. Итого, беря в расчет агрегацию по 15 минут, общее число уникальных временных точек для каждой вершины составляло 7*24*4=672, из которых выбирался прогноз.

Linear Autoregressive Model. Линейная модель обучалась методом градиентным спуском. Она может быть описана формулой ниже:

$$T_{t+1,a} = \sum_{t_{lag}} w_{t_{lag}} T_{t-t_{lag},a} + bias \quad (1)$$

где t_{lag} – номер предыдущего наблюдения, где 0 – текущее или последнее, 1- предыдущее и т.д. a – узел сети, $bias$ – обучаемая константа, T – значение трафика, w – один из параметров регрессии.

LSTM. Для опытов использовалась LSTM со следующими параметрами: размер скрытого состояния – 32, количество слоев – 2, двунаправленная схема. На выходе применялся линейный слой. Псевдокод модели выглядит так:

```
Sequential(
  (0): LSTM(input_size=1, hidden_size=32, num_layers=2, bidirectional=True)
—>
  (1): Linear(in_features=64, out_features=1)
)
```

Vanilla Neural Network или MLP. Конфигурация VNN варьировалась количеством слоев и размером скрытого состояния. Лучшие результаты при этом показали сети малого размера. Псевдокод лучшей модели выглядит следующим образом:

```
Sequential(
  (0): Linear(in_features=4, out_features=64),
  (1): ReLU(),
  (2): Linear(in_features=64, out_features=1)
)
```

Datetime encoding. Кроме данных о трафике в локациях имелась возможность использовать данные о времени и дате. Для эффективного кодирования этих данных использован прием, который рассматривает свойства гармонических функций. Идея заключается в том, чтобы сгенерировать гармонические характеристики времени и даты (проецируя время на окружность с использованием двух координат), что выражено формулами ниже:

$$dow = 2\pi * \frac{weekday(0..7)}{7}, \quad (2)$$

$$tm = 2\pi * \frac{hour*4+minute\ div\ 15}{24*4}, \quad (3)$$

$$dt_{enc} = [cos(dow), \sin(dow), cos(tm), \sin(tm)] \quad (4)$$

Период (7 в dow, $24 * 4$ в tm) здесь следует из того факта, что используется 15-минутный интервал между 2 последовательными наблюдениями. Итак, общее количество полученных временных признаков равно 4. Также для извлечения временных признаков применялся Time2vec [16], но это давало худшие результаты.

Полученные временные признаки смогли значительно улучшить качество моделей. Таким образом, использовались временные признаки для момента времени прогнозирования, т.е. для момента $T + 1$. Лучшие результаты достигались с использованием VNN. Модель при этом состояла из двух частей. Первая VNN обрабатывала временные признаки под поставленную задачу, и в результате выдавала вектор размера 32, характеризующий временной срез. Вторая VNN принимала конкатенированный вектор нового временного представления

и предыдущих наблюдений трафика в вершине. Конфигурация оптимальной модели приведена ниже:

dt_enc = Sequential(
(0): Linear(in_channels=time_feats_dim (4), out_channels=64),
(1): ReLU(),
(2): Linear(in_channels=64, out_channels=32)
)
Concatenated input = [nodes_num, seq_len + dt_enc_dim_new (32)]
Predictor = Sequential(
(0): Linear(in_features=seq_len (4) + dt_enc_dim_new (32), out_features=64),
(1): ReLU(),
(2): Linear(in_features=64, out_features=1)
)

Для того, чтобы получить большую «выразительность» модели и использовать пространственные знания о вершинах, применялись node2vec представления [17].

Для обучения векторных представлений использовался подход node2vec с размером вектора равным 32. Однако, в оригинальном подходе вес ребра прямопропорцианально коррелировал с близостью вершин и, соответственно, с вероятностью перехода в соседнюю вершину в случайном блуждании. В случае с имеющимися данными единственным признаком, который мог бы быть использован для определения близости вершин, является географическое расстояние. Близость вершин обратно пропорциональна расстоянию, поэтому для определения веса ребра необходимо было, как минимум, инвертировать расстояние. Для сохранения небольшой дисперсии вес ребра рассчитывался по следующий формуле (географическое расстояние считалось в километрах):

$$weight(a,b) = e^{-\left(\frac{dist(a,b)}{scale}\right)^2} \quad (5)$$

Параметр $scale$ выбирался вручную, чтобы сохранить интерпретируемость, и в итоге был равен 5.

Идея использования векторных представлений заключается в том, чтобы создать более «персонализированную» под вершины версию нейронной сети. Таким образом, дополняя вышеописанную модель, представим версию с node2vec представлениями:

Concatenated input = [nodes_num, seq_len (4) + dt_enc_dim_new (32) + node_emb_dim (32)]
Predictor = Sequential(
(0): Linear(in_features=seq_len (4) + dt_enc_dim_new (32) + node_emb_dim (32),
out_features=64),
(1): ReLU(),
(2): Linear(in_features=64, out_features=1)
)

Graph convolution + GRU. Для использования структуры графа зададим множество ребер, с которым будут работать все последующие модели: если в оригинальной дорожной сети длина кратчайшего пути между 2 узлами менее 20 километров, тогда ребро между этими узлами входит в множество.

Первым очевидным кандидатом для тестирования была модель с использованием полноценной графовой нейронной сети и последующей агрегацией через рекуррентную нейронную сеть. Для реализации использовалась встроенная модель GConvGRU с 32-размерным выходом и размером фильтра равным 2 из фреймворка PyTorch Geometric Temporal. Псевдокод модели представлен ниже:

```
Sequential(
  (0): GConvGRU(in_channels=seq_len (4), out_channels=32, filter_size=2)
  (1): ReLU(),
  (2): Linear(in_features=32, out_features=1)
)
```

Подобный подход является одним из самых популярных выборов в задачах пространственно-временного прогнозирования. Отметим также, что похожая модель используется в стандартном наборе примеров популярной библиотеки Keras [18].

Spatio-temporal attention. Обучение GConvGRU содержит в себе ряд критических проблем: рекуррентные сети долго и тяжело обучаются, а большое число ребер еще сильнее усложняют процесс. Кроме этого, GCN ничего не делает с признаками ребер. Чтобы в полной мере использовать все имеющиеся данные и их особенности, был спроектирован легкий, но достаточно выразительный, модуль, в основу которого лег принцип «внимания». Этот модуль является компиляцией наиболее релевантных методов предыдущих моделей, но в отличие от них он использует лишь данные соседей. Таким образом, эта модель базируется на попытке уловить флуктуации трафика своих соседей в предыдущие моменты времени, что потом можно использовать как часть ансамбля, который построен, с одной стороны, на классическом анализе временных рядов, а с другой – на корреляции трафика между близкими вершинами. Архитектура модуля приведена на рисунке 1.

Математически модуль описывается следующим образом:

$$T_{t+1,a} = \sum_{t_{lag},b} \alpha_{t_{lag},a,b} T_{t-t_{lag},b} + bias, \quad (6)$$

$$\alpha_{t_{lag},a,b} = \frac{\exp\left(Attention(a,b,t_{lag})\right)}{\sum_{t_{lag},c \in N(a)} \exp\left(Attention(a,c,t_{lag})\right)} \quad (7)$$

где t_{lag} – номер предыдущего наблюдения, где 0 – текущее или последнее, 1- предыдущее и т.д. a и b – узлы сети, bias – обучаемая константа, T – значение трафика, $N(a)$ – смежные узлы вершины a. Attention – полносвязная нейронная сеть, архитектура которой приведена на рисунке 1.

Приведем также обозначения на рисунке 1. Scale для вершины определяется средним значением трафика для узла по тренировочной выборке. Поскольку

значения трафика перед поступлением в модель стандартизируются по вершине, на модели задается изначальный масштаб данных. Благодаря этому модуль может обрабатывать случаи, когда вершина с большим отклонением от нормы, но с малым трафиком почти не оказывает влияния на соседнюю вершину с большим трафиком. Concatenation – обычная конкатенация векторов, Hadamard Product – попарное произведение элементов двух векторов, Matmul – матричное умножение, learnable node2vec node embedding – векторные представления вершин, инициализированные как node2vec представления, но обучаемые градиентным спуском вместе с остальными параметрами моделей.

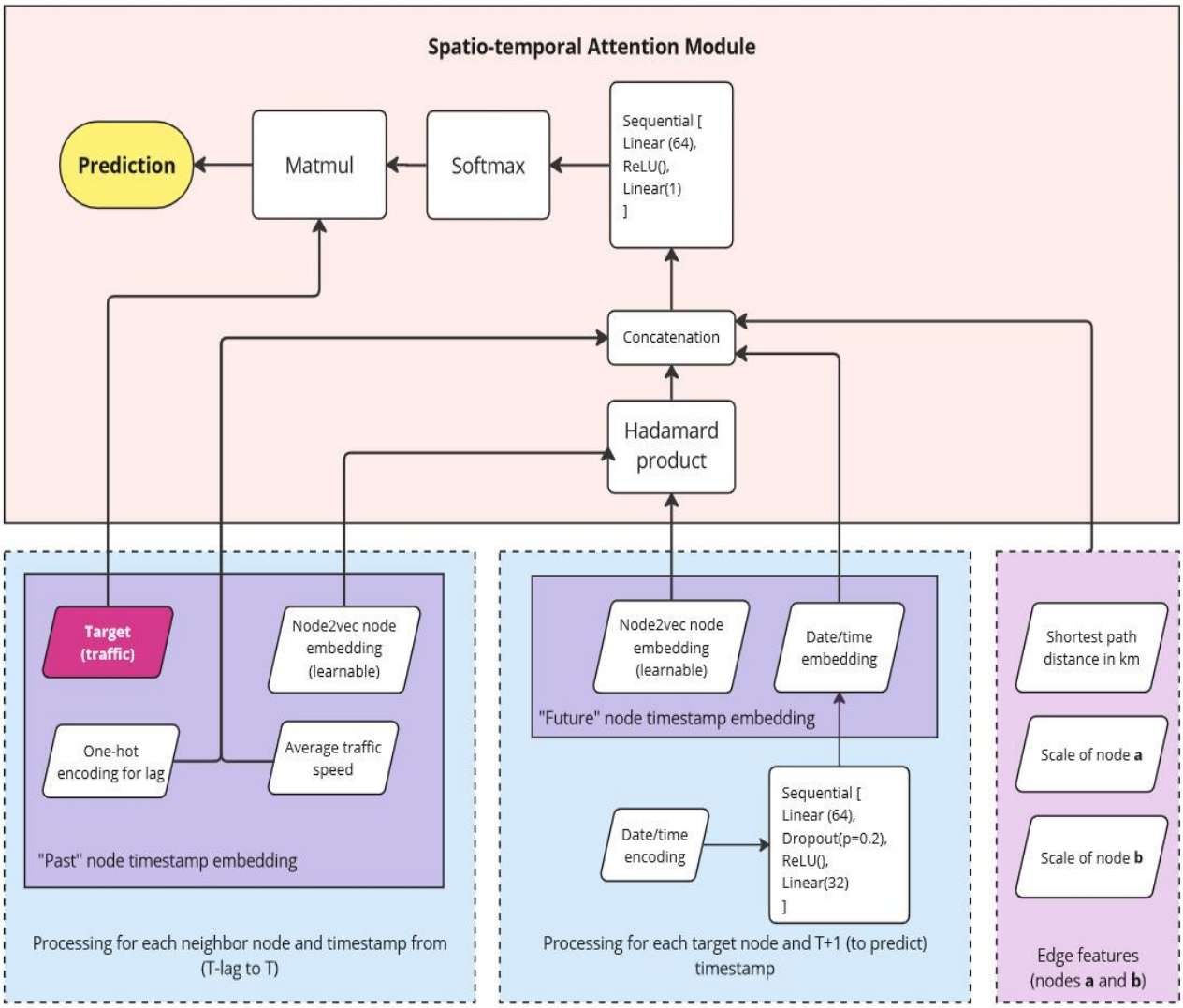


Рис. 1. Архитектура Spatio-temporal module

Ансамбль. Учитывая тот факт, что часть моделей разделяют между собой обрабатываемые данные (данные вершины и данные соседних вершин), естественны образом возникает идея использовать эти модели вместе как часть ансамбля. Оптимальная конфигурация ансамбля на валидации задана следующий формулой:

$$T_{t+1,a} = 0.2 * SeasonNaiveModel + \alpha * MLP\ with\ datetime\ features\ and\ node2vec\ embeddings + (0.8 - \alpha) * Spatio - temporal\ module \quad (8)$$

Валидация моделей и анализ результатов. В сравнительной таблице (таблица 1) представлены результаты работы моделей на тестовой выборке.

Таблица 1

Результаты тестирования моделей

Model / Score	RMSE	MAE	R2, %
Season Naive	9.81	5.97	96.14
Linear	10.08	6.26	95.93
LSTM	10.38	6.62	95.68
MLP	10.00	6.18	95.99
Graph Conv + GRU	9.62	5.94	96.29
MLP + datetime encoding	9.24	5.66	96.58
MLP + datetime encoding + node2vec emb	8.76	5.41	96.93
Spatio-temporal module (neighbors only)	8.57	5.29	97.06
Ensemble	**8.02**	**4.97**	**97.43**

Исходя из результатов, приведенных в таблице, можно сделать следующие выводы. Во-первых, значительные улучшения метрик качества моделей дало использование datetime encoding и векторных представлений node2vec. Лучшие результаты среди изолированных моделей смогла показать Spatio-temporal модель, которая использовала лишь данные близлежащих вершин. Это, а также node2vec представления, на практике подтвердили эффективность применения методов машинного обучения на графах. В ансамбле комбинация моделей, базирующихся на разных группах множества исходных данных (самих вершин и их окружения), показывает самые точные результаты при достаточно небольшом объеме вычислений.

Таким образом, предиктивная модель может быть использована для повышения качества логистики и/или обнаружения аномальных сценариев (путем сравнения фактических наблюдений с прогнозами), чтобы информировать аналитиков о возможных аномалиях, к которым необходимо подготовиться. Кроме этого, работа показывает практическое применение новейших практик и методологий в машинном обучении на пространственно-временных данных.

Список источников

1. Министерство связи и информатизации Республики Беларусь [Электронный ресурс] / О проекте «Умные города Беларуси» – Режим доступа: https://mpt.gov.by/ru/o-proekte-umnye-goroda-belarusi. – Дата доступа: 14.12.2022.

2. VK Cloud [Электронный ресурс] / 17 примеров применения машинного обучения в 5 отраслях бизнеса – Режим доступа: https://mcs.mail.ru/blog/17-primerov-mashinnogo-obucheniya. – Дата доступа: 14.12.2022.

3. Karen Simonyan, Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition [Electronic resource] // Karen Simonyan, Andrew Zisserman // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1409.1556. – Date of access: 14.12.2022.

4. Хабр [Электронный ресурс] / LSTM – сети долгой краткосрочной памяти – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/331310/. – Дата доступа: 14.12.2022.

5. Ashish Vaswani, Attention Is All You Need [Electronic resource] / Ashish Vaswani [et al.] // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1706.03762. – Date of access: 14.12.2022.

6. Rex Ying, Graph Convolutional Neural Networks for Web-Scale Recommender Systems [Electronic resource] / Rex Ying [et al.] // 24th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, London, 19-23 August, 2018 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1806.01973. – Date of access: 14.12.2022.7.

7. 23. Marinka Zitnik, Modeling polypharmacy side effects with graph convolutional networks [Electronic resource] / Marinka Zitnik, Monica Agrawal, Jure Leskovec // 26th Conference of Intelligent Systems for Molecular Biology, Chicago, 6-10 July, 2018 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1802.00543. – Date of access: 14.12.2022.

8. Department of Mathematics. Ohio State University [Electronic resource] / Random Walks on Graphs – Mode of access: https://people.math.osu.edu/husen.1/teaching/571/random_walks.pdf. – Date of access: 14.12.2022.

9. Petar Veličković, Graph Attention Networks [Electronic resource] / Petar Veličković [et al.] // 6th International Conference on Learning Representations, 2018 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1710.10903. – Date of access: 14.12.2022.

10. Thomas N. Kipf, Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks [Electronic resource] / Thomas N. Kipf, Max Welling // 5th International Conference on Learning Representations, 2017 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1609.02907. – Date of access: 14.12.2022.

11. DeepMind [Electronic resource] / ETA Prediction with Graph Neural Networks in Google Maps – Mode of access: https://www.deepmind.com/publications/eta-prediction-with-graph-neural-networks-in-google-maps. – Date of access: 14.12.2022.

12. Renhe Jiang, MegaCRN: Meta-Graph Convolutional Recurrent Network for Spatio-Temporal Modeling [Electronic resource] / Renhe Jiang [et al.] // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/2212.05989. – Date of access: 14.12.2022.

13. Zezhi Shao, Pre-training Enhanced Spatial-temporal Graph Neural Network for Multivariate Time Series Forecasting [Electronic resource] / Zezhi Shao [et al.] // 28th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Washington, 14-18 August, 2022 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/2206.09113v2. – Date of access: 14.12.2022.

14. DeepMind [Electronic resource] / AlphaFold: a solution to a 50-year-old grand challenge in biology – Mode of access: https://www.deepmind.com/blog/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology. – Date of access: 14.12.2022.

15. DeepMind [Electronic resource] / Learning to Simulate Complex Physics with Graph Networks – Mode of access: https://www.deepmind.com/open-source/learning-to-simulate-complex-physics-with-graph-networks. – Date of access: 14.12.2022.

16. Seyed Mehran Kazemi, Time2Vec: Learning a Vector Representation of Time [Electronic resource] / Seyed Mehran Kazemi [et al.] // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1907.05321. – Date of access: 14.12.2022.

17. Aditya Grover, node2vec: Scalable Feature Learning for Networks [Electronic resource] / Aditya Grover, Jure Leskovec // 22th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco, 13-17 August, 2016 // arXiv.org e-Print archive – Mode of access: https://arxiv.org/abs/1607.00653. – Date of access: 14.12.2022.

18. Keras [Electronic resource] / Traffic forecasting using graph neural networks and LSTM – Mode of access: https://keras.io/examples/timeseries/timeseries_traffic_forecasting/. – Date of access: 14.12.2022.

© Л.В. Рудикова-Фронхёфер, Н.И. Игнатенко, 2023

УДК 004.91:7.067

ГЛАВА 4. О ПОДХОДАХ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рудикова-Фронхёфер Лада Владимировна
к. ф.-м. наук, доцент,
Жвалевский Андрей Иванович
магистрант
УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Аннотация: в данной главе монографии приведены основные теоретические и практические аспекты системы, которые необходимы для разработки информационно-аналитической системы историко-культурных ценностей Республики Беларусь с использованием технологии контейнеризации, принципов предметно-ориентированного проектирования и шаблона разделения ответственности команд и запросов. В разработке используется онтология для описания и хранения данных об историко-культурных ценностях.
Ключевые слова: веб-приложение, анализ данных, историко-культурные ценности, онтологии, технология контейнеризации, информационно-аналитическая система.

ON APPROACHES TO THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF HISTORICAL MONUMENTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Rudikova-Fronhoefer Lada Vladimirovna,
Zhvaleuski Andrei Ivanavich

Abstract: The monograph presents the main theoretical and practical aspects of the system necessary for the development of an information and analytical system of historical and cultural values of the Republic of Belarus using containerization technologies, the principles of subject-oriented design and a template for the division of responsibility of teams and requests. The development uses ontology to describe and store data about historical and cultural values.
Key words: web application, data analysis, historical and cultural values, ontologies, containerization technology, information and analytical system.

Разработка информационно-аналитической системы предполагает сбор и анализ данных об историко-культурных ценностях. Обработка собранных данных, их анализ и структурированный вывод пользователю позволит упростить процесс изучения и временные затраты на поиск информации о требуемых исторических ценностях Республики Беларусь.

Целью исследования является построение схемы данных для хранения сведений об историко-культурных ценностях в виде онтологии, а также разработка информационно-аналитической системы исторических памятников Республики Беларусь на основе построенной схемы данных, которая позволит формировать и выполнять поисковые запросы к онтологии.

Задачи исследования: провести поиск и изучение подходов к хранению данных в виде онтологий; выбрать способ представления данных в рамках исследования; выбрать способа хранения данных в рамках исследования; сформировать схему описания и представления данных (онтологии); разработать схему взаимодействия подсистем; разработать спроектированные подсистемы; провести тестирование и отладку системы; сделать выводы и подготовить техническую документацию.

Объект исследования – онтология, как структура данных для хранения сведений об историко-культурных ценностях Республики Беларусь. Предмет исследования – применение онтологий для хранения формально описанных фактов об историко-культурных ценностях Республики Беларусь, построения поисковых запросов к этим данным, вывода новых логических фактов.

Научная новизна и практическая значимость обусловлена разработкой программных решений, алгоритмов сбора, обработки и визуализации данных информационно-аналитической системы историко-культурных ценностей Республики Беларусь. Разработка может использоваться для обучения, а также в туристических целях, предоставляя структурированную информацию (за счёт описания и построения данных в виде онтологии) и об исторических памятниках, связанных событиях и исторических личностях.

Рассмотрим классификацию историко-культурных ценностей (ИКЦ) в Республике Беларусь. Каждой ИКЦ присвоен шифр (код), который уникально идентифицирует её. Каждая ИКЦ относится к одному из разделов: недвижимые материальные, подвижные материальные, нематериальные. К одному из видов ценности: документальный памятник; заповедная обитель; памятник археологии; памятник архитектуры; памятник истории; памятник градостроительства; памятник искусства; нематериальное ИКЦ в материальной форме существования; нематериальное ИКЦ в нематериальной форме существования; коллекция; комплект.

В соответствии со своими свойствами материальные историко-культурные ценности, которые включены в Государственный список, делятся на четыре категории значимости (0, 1, 2, 3). Категория «0» имеют историко-культурные ценности, включённые или предложенные для включения в Список всемирного культурного и природного наследия или Список всемирного наследия, находящегося в опасности. Категория «1» – это наиболее уникальные историко-

культурные ценности, художественные, эстетические и документальные достоинства которых представляют международный интерес. Категория «2» – это достопримечательные историко-культурные ценности, характеризующие наиболее отличительные черты историко-культурного наследия страны. Категория «3» – историко-культурные ценности, характеризующие отличительные черты историко-культурного наследия отельных регионов Беларуси.

Нематериальные историко-культурные ценности в зависимости от их культурной значимости подразделяются на две категории. Категория «А» – историко-культурные ценности, полная аутентичность и точность которых безусловна и неизменна. Категория «Б» – историко-культурные ценности, которые полностью или частично восстановлены (зафиксированы) по вторичному материалу либо отличительные духовные, художественные и (или) документальные качества которых по своему существу объективно могут со временем меняться.

В рамках данной работы базовые сведения ИКЦ расширяются дополнительными сведениями о связанных с данным ИКЦ личностями, местами и событиями. Для этого, каждому разделу ИКЦ будут присвоены свойства, которые расширят модель данных и позволят системе рассуждений определить неявные знания. На основе полученных данных определяется целесообразность представления данных в абстрактом виде, разработаны подходы к расширению схемы в дальнейшем, намечены шаги для представления обширных исторических данных в схожем ключе.

Также ИКЦ характеризуется местом нахождения и датированием с разной точностью (день, месяц, год, век и т.д.). С каждой ИКЦ связано несколько решений/постановлений Совета Министров, Министерства Культуры, и т.д. Они характеризуется датой и номером.

Помимо основной информации, которая описывает ИКЦ, так или иначе, каждая ИКЦ связана с каким-то событием (событиями) и личностью (личностями). В рамках данного исследования рассматриваются лишь некоторые связи между выявленными сущностями. Так ИКЦ может иметь связи с личностью, описывающие «кому приурочена ИКЦ» и «кто является автором ИКЦ». С событием ИКЦ имеет связь «какому событию приурочена».

Личность описывается свойствами имя, фамилия и дата рождения.

Событие имеет дату начала, дату окончания и связь «кто является участником» по отношению к личности.

Как и было описано ранее, для представление предметной области используется онтология. Значение данных закодировано на основе нашего понимания того, что означают эти данные. Онтология – это явная модель заданного домена. Необходимо создать формальное определение домена таким образом, чтобы механизм вывода мог его прочитать. Все, что определяется в разработанной онтологии, будет применено к модели данных.

Онтология – это формальная модель знаний, которая определяет термины, концепты и отношения между ними в определенной области знаний. Создание онтологии для историко-культурных ценностей Республики Беларусь может

помочь объединить информацию о культурных объектах, исторических событиях и людях, связанных с их созданием и развитием, а также облегчить поиск в этих данных и построение связей между ними.

Онтологии были впервые определены как «явные формальные спецификации терминов предметной области и отношений между ними» и, более конкретно, «формальная, явная спецификация общей концептуализации» [1-3].

Онтологии разрабатываются для систем организации знаний и необходимы в сферах, где обнаружение новых фактов и выявление скрытых связей между компонентами (например, рекомендательные и экспертные системы) являются обязательными. Это альтернатива классическим базам данных, где реализовано «предположение о закрытом мире», другими словами, предполагается, что все, что не включено в классическую базу данных, не существует. Напротив, «допущение открытого мира» принято в онтологиях, где предполагается, что, если база знаний чего-то не включает, это не означает, что этого не существует, а скорее означает, что этого ещё не было описано в онтологии.

Онтологии обычно кодируются с использованием языков онтологий. OWL (язык веб-онтологий), созданный рабочей группой W3C по веб-онтологиям, является одним из формальных языков для построения онтологий. Это международный стандарт для кодирования и совместного использования онтологий, разработанный для поддержки семантической сети. Онтология OWL может включать классы, отношения, атрибуты, формальные аксиомы и экземпляры. OWL можно использовать для построения большинства видов онтологий.

Связанные данные в онтологии хранятся в виде троек, состоящих из субъекта, предиката и объекта. Эти тройки соединяют сущности с другими сущностями или литералами.

Средство семантического обоснования (reasoner) выводит логические следствия из набора утверждаемых аксиом в онтологии и обычно обеспечивает автоматическую поддержку задач обоснования, таких как классификация и запросы. Выводы, сделанные семантическим аналитиком по онтологии, сгенерированной разработчиком концептуального моделирования, могут быть использованы для поиска логических несоответствий в первичной концептуальной модели. Следовательно, специалист по семантическому обоснованию может предоставить информацию для проверки и улучшения концептуальной модели.

Дискрипционные логики базируются на утверждении, что любая информация, как бы сложно и запутано не высказывалась на естественном языке, может быть сведена к цепочке утверждений без потери смысла. Каждая такая цепочка состоит из субъекта, предиката и объекта. Такая конструкция называется триплет. Ресурс – это объект, который имеет значение сам по себе. Каждому ресурсу назначается уникальный идентификатор (URI). К ресурсу можно ссылаться через URI.

Логическая согласованность концептуальной модели особенно важна, если желаемым результатом является система, классифицирующая информацию. Как указывалось выше, выводы, сделанные семантическим аналитиком, могут

помочь гарантировать, что концептуальная модель логически последовательна в своей классификации.

Таким образом, для рассматриваемой предметной области разработана онтология, которая содержит 19 классов, 31 свойство и 21 сущность, созданную на основе классов, представляющих различные перечисления, описанные далее. Сама онтология, а также рисунки, представляющие графы онтологии созданы в программном обеспечение Protégé, которое позволяет строить модели предметной области и приложения, основанные на знаниях, с помощью онтологий [4, 5].

На схеме связи классов онтологии (рисунок 1) показано, что все классы имеет общий родительский класс owl:Thing. Это стандартное наименование при построении онтологий. Так как этот класс является общим для все остальных, в ходе проектирования ему были назначены свойства, которые полезно иметь для каждого класса – это name (имя) и description (описание). Оба свойства принимают текстовые значения. В таблицах ниже, описывающих классы, явно указано использует они данные базовые свойства или нет.

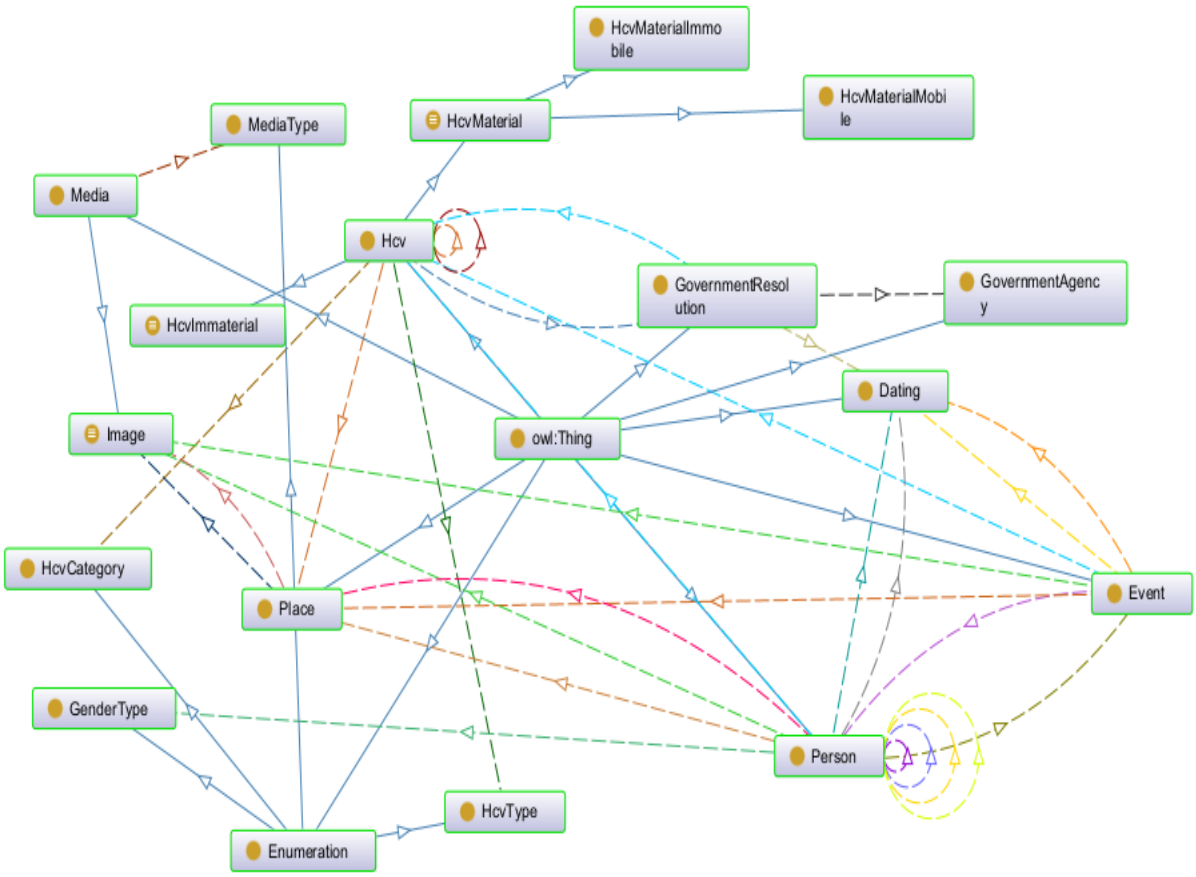


Рис. 1. Схема связи классов в онтологии

Класс Персона (Person) описывает человека (историческую личность). В таблице 1 представлены свойства данного класса.

Таблица 1

Класс Персона (Person)

Свойство	Тип данных	Описание
givenName	Текст	Имя, данное при рождении.
additionalName	Текст	Дополнительное имя человека, может использоваться для хранения отчества.
familyName	Текст	Имя, которое носит семья, т.е. фамилия.
gender	Пол (мужской или женский)	Пол данного человека.
birthDate	Дата	Дата рождения.
birthPlace	Место	Место рождения.
deathDate	Дата	Дата смерти.
deathPlace	Место	Место смерти.
parent	Персона	Родитель персоны. Может быть указано до двух родителей. У них должен быть разный пол.
sibling	Персона	Должно использоваться для указания братьев и сестёр персоны.
spouse	Персона	Супруг или супруга данного человека.
child	Персона	Должно использоваться для указания детей персоны.
performerIn	Событие	Мероприятие, исполнителем или участником которого является этот человек.
relatedTo	ИКЦ	ИКЦ, к которой имеет отношение данный человек.
mainImage	Изображение	Главное изображения, представляющие данного человека.

Класс Тип Пола (GenderType, рисунок 2) представляет собой перечисление для представления полов человека, а именно мужского и женского пола.

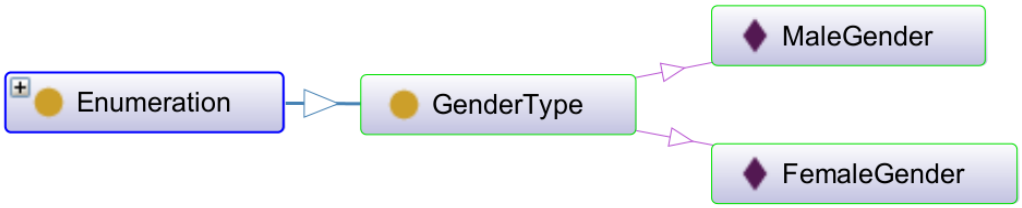


Рис. 2. Схема класса Тип Пола

Класс Событие (Event) описывает событие, происходящее в определенное время и в определенном месте (не онлайн), например концерт, лекция или фестиваль. В таблице 2 представлены свойства данного класса.

Таблица 2

Класс Событие (Event)

Свойство	Тип данных	Описание
name	Текст	Название мероприятия.
description	Текст	Описание мероприятия.
actor	Персона	Человек, участник данного события (мероприятия).
startDate	Дата	Время начала события.
endDate	Дата	Время окончания события.
mainImage	Изображение	Главное изображение, представляющее данное событие.
location	Место	Место проведения события.
relatedTo	ИКЦ	ИКЦ, к которой имеет отношение данное событие.

Класс Постановление (GovernmentResolution) описывает постановления различных министерств. В таблице 3 представлены свойства класса постановления.

Таблица 3

Класс Постановление (GovernmentResolution)

Свойство	Тип данных	Описание
number	Токен	Номер постановления.
madeBy	Правительственное учреждение	Правительственное учреждение, сделавшее постановление.
madeOn	Дата	Дата принятия решения.

Класс правительственное учреждение (GovernmentAgency) описывает правительственные учреждения, такие как министерства и рады. В таблице 4 представлены свойства класса постановления.

Таблица 4

Класс Правительственное учреждение (GovernmentAgency)

Свойство	Тип данных	Описание
name	текст	Название государственного учреждение.

Класс ИКЦ (историко-культурная ценность, historic and cultural value, HCV) описывает историко-культурные ценности. В таблице 5 представлены свойства данного класса.

Таблица 5

Класс ИКЦ (историко-культурная ценность, historic and cultural value, HCV)

Свойство	Тип данных	Описание
code	Текст	Код ИКЦ.
name	Текст	Название ИКЦ.
description	Текст	Описание ИКЦ.
partOf	ИКЦ	ИКЦ, частью которой является данная ИКЦ.
contains	ИКЦ	ИКЦ входящие в данную ИКЦ.
hcvType	Тип ИКЦ	Тип ИКЦ.
resolution	Постановление	Постановления имеющие отношения к данной ИКЦ.
relatedTo	Персона, Событие	Персоны и события, связанные с данной ИКЦ.
location	Место	Место расположения ИКЦ.
hcvCategory	Категория ИКЦ	Категория ИКЦ.

Класс Категория ИКЦ (HcvCategory, рисунок 3) используется как перечисление и имеет 7 значений: без категории, 0, 1, 2, 3, А и Б. При этом категории 0, 1, 2 и 3 применимы только к материальным ИКЦ, а категории А и Б – к нематериальным ИКЦ.

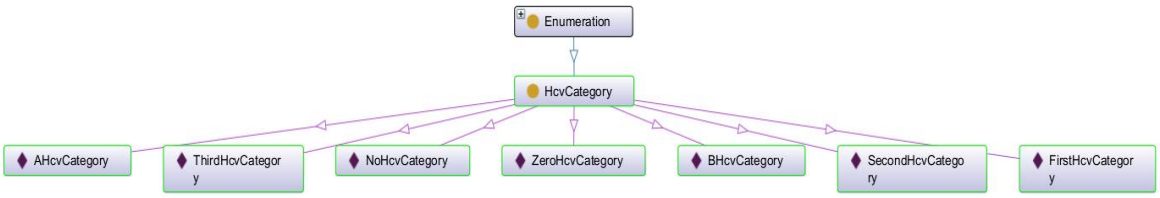


Рис. 3. Схема класса Категория ИКЦ

Класс Тип ИКЦ (HcvType, рисунок 4) используется в качестве перечисления следующих типов ИКЦ: документальный памятник; заповедная обитель; памятник археологии; памятник архитектуры; памятник истории; памятник градостроительства; памятник искусства; нематериальное ИКЦ в материальной форме существования; нематериальное ИКЦ в нематериальной форме существования; коллекция; комплект.

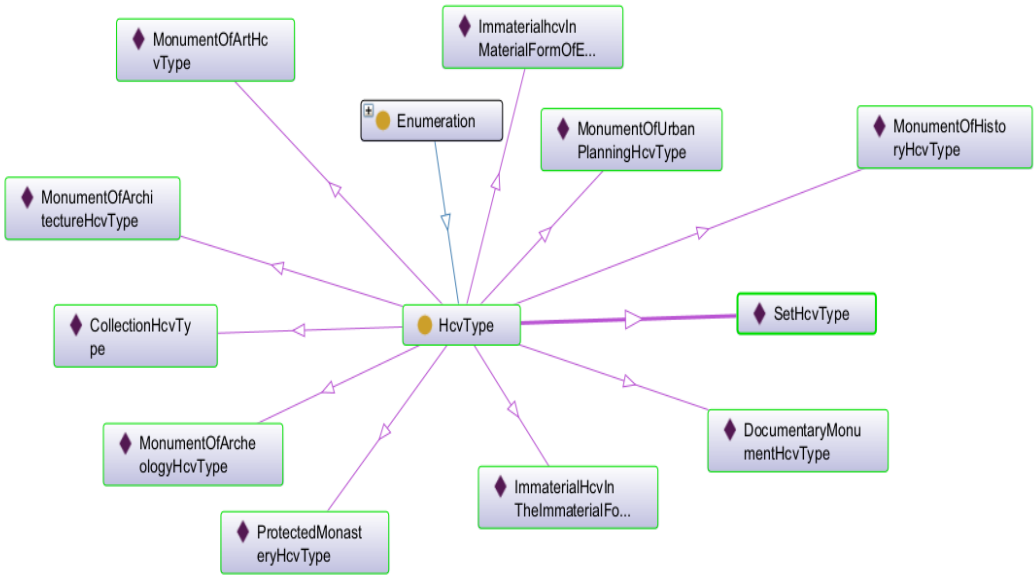


Рис. 4. Схема класса Тип ИКЦ

Для описания места расположения ИКЦ, места проведения событий, мест рождения и смерти персоны создан класс Место (Place). В таблице 6 описаны свойства данного класса.

Таблица 6

Класс Место (Place)

Свойство	Тип данных	Описание
coordinates	Координаты	Географические координаты места.
address	Текст	Полный адрес места.
zipCode	Текст	Индекс места.
flag	Изображение	Флаг населённого пункта.
emblem	Изображение	Герб населённого пункта.

Для представления различных точек во времени (год, полная дата, период, век, и т.д.), используется класс Дата (Date). В таблице 7 описаны свойства данного класса.

Таблица 7

Класс Дата (Date)

Свойство	Тип данных	Описание
dateValue	Текст	Датирование.

Класс Медиа (Media) используется для медиа файлов. В таблице 8 описаны свойства данного класса.

Таблица 8

Класс Медиа (Media)

Свойство	Тип данных	Описание
mediaType	MediaType	Тип медиа файла.

Класс Тип Медиа (MediaType, рисунок 5) используется как перечисление поддерживаемых типов медиа файлов. В данный момент это только изображения.

Рис. 5. Схема класса Тип Медиа

Разработанная система состоит из нескольких взаимодействующих компонентов (сервисов), которые обеспечивают её полноценную работу. На рисунке 6 представлена схема взаимодействия компонентов системы.

Общение между сервисами происходит в асинхронном формате, с использованием шины интеграционных событий. Сервис может публиковать события на шине, а также подписываться на появление новых событий и обрабатывать их.

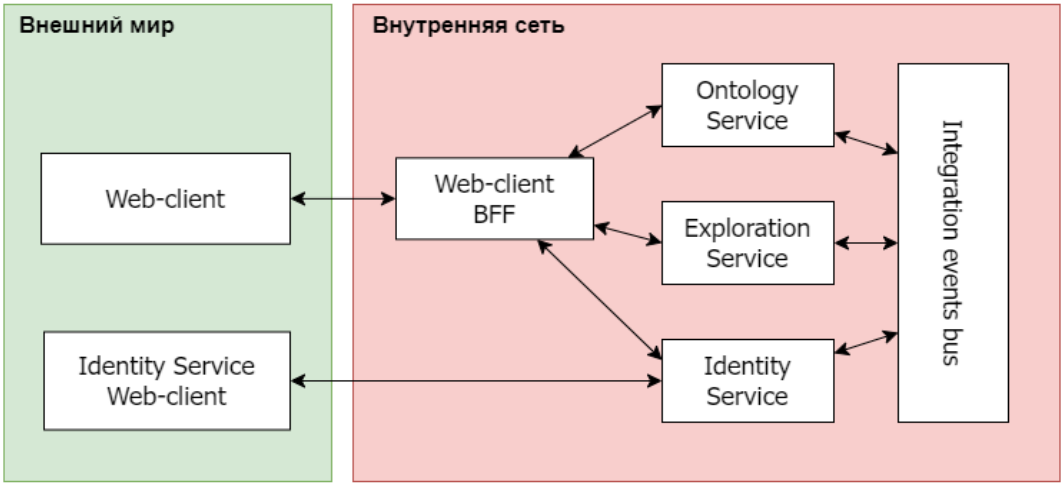


Рис. 6. Схема взаимодействия компонентов (сервисов) системы

Основной веб-клиент используется пользователем для выполнение всех основных действий с системой, такие как поиск, заметки и комментарии. Веб-клиент разработан с использованием Blazor WASM и состоит из двух частей. Одна из них запускается в браузере пользователя, позволяя ему взаимодействовать с системой. Вторая является реализацией BFF (Backend for Frontend) [6] серверной части, который отвечает за агрегацию запросов к другим сервисам. Кроме этого, он предоставляет сервисы для управления сеансами и токенами, защиты конечных точек API и уведомлений о выходе из системы веб-клиента, описанного ранее. Это позволяет добиться наилучшей защиты сервисов, не усложняя опыт взаимодействия пользователя с системой.

Второй веб-клиент – это клиентская часть сервиса идентификации пользователей (Identity Service). Этот веб-клиент встречает всех пользователи, позволяя им войти в систему и управлять своим профилем. Используя веб-клиент, пользователь может управлять данными учётной записи, которые влияют на её безопасность, а именно: изменять адрес электронной почты, изменять пароль, управлять (настроить или убрать) двухфакторной аутентификацией.

Серверная часть сервиса идентификации пользователей (Identity Service), позволяет реализует протоколы OAuth 2 и OpenID Connect, с помощью которых происходит авторизация и аутентификация в системе, обеспечивая надлежащую защиту данных. Также сам факт реализации сервиса идентификации на основе широко используемых протоколов, делает систему очень гибкой в плане возможностей интеграции с другими системами.

Сервис онтологии (Ontology Service) отвечает за управление онтологией. Данные хранятся в SPARQL сервере Apache Jena Fuseki. Сам сервис представляет из себя серверное приложение, реализующее REST API, преобразующее полученный данные из API в тройки RDF и сохраняющее это в Apache Jena Fuseki.

Сервис исследования (Exploration Service) реализует пользовательские возможности, описанные ранее на рисунке 5, такие как поиск, заметки и комментарии. Для реализации поиска данных, данные сервис формирует SPARQL запросы к API сервиса онтологии, а затем обогащает полученные данные информацией о заметках пользователя и комментариях.

В результате реализации спроектированных схем и диаграмм был получен рабочий экземпляр информационно-аналитической системы историко-культурных ценностей Республики Беларусь, удовлетворяющий всем требованиям, поставленным на этапе проектирования приложения.

Таким образом, предлагаемая разработка может представлять, как коммерческую ценность, так и академическую пользу. Авторам работы видится дальнейшая перспектива применения разработанного продукта в роли самостоятельного сервиса с возможностью его дальнейшего развития и внедрения в системы, связанные с обработкой информации различного профиля.

Список источников

1. Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5(2), 199–220.

2. Studer, R., Benjamins, R. and Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. Data & Knowledge Engineering, 25(1–2):161–198.

3. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html. – Дата доступа: 21.11.2022.

4. Рудикова Л.В. Проектирование баз данных / Учебное пособие для сту-

дентов высш. учеб. заведений по специальностям «Программное обеспечение информационных технологий», «Экономическая кибернетика», «Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность)», «Информационные системы и технологии (в экономике)» / Л.В. Рудикова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 352 с.

5. Рудикова, Л.В. О системе хранения и обработки информации о произведениях художественной ценности на основе технологии складирования данных // Л.В. Рудикова // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сб. науч. ст./ ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: М.Е. Карпицкая (гл. ред.), С.Е.Витун (зам. гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2021. – С. 210-216

6. Backend for Frontend Security Framework Overview (Duende IdentityServer) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.duendesoftware.com/identityserver/v6/bff/overview/. – Дата доступа: 20.10.2021.

© Л.В. Рудикова-Фронхёфер, А.И. Жвалевский, 2023

УДК 62-91

ГЛАВА 5. РАЗВИТИЕ НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИЗУЧАЕМЫХ ДИСЦИПЛИН В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Герасименя Валерий Павлович
заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор,
старший научный сотрудник НИО ВИ (ИВ)
Щедловская Мария Валерьевна
к.э.н., старший научный сотрудник НИЦ (ОиИТ)
«Военный учебно-научный центр Сухопутных войск «Общевойсковая академия»
Вооруженных Сил Российской Федерации»

Аннотация: в данной главе монографии приводятся научно-методологические подходы к построению онтологического моделирования, анализа структуры системы управления знаниями на основе единой модели организации знаний, а также направления применения онтологического моделирования в интеллектуальных информационных системах с элементами искусственного интеллекта.
Ключевые слова: онтология, концептуализация, онтологическое моделирование, интеллектуальные информационные системы, технологии искусственного интеллекта, акторы ситуационного управления, предметная область, методология проектирования.

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE CONSTRUCTION OF ONTOLOGICAL MODELING OF THE SUBJECT AREAS OF THE STUDIED DISCIPLINES IN INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Gerasimenia Valery Pavlovich,
Shchedlovskaya Maria Valeryevna

Abstract: the article presents scientific and methodological approaches to the establishment of ontological modeling, analysis of the structure of the knowledge management system based on a sin-

gle model of knowledge organization, as well as directions for the application of ontological modeling in intelligent information systems with elements of artificial intelligence.
Keywords: ontology, conceptualization, ontological modeling, intelligent systems, artificial intelligent technologies, situational management actors, subject area, design methodology.

Согласно анализу, приведённому в [1], военной образовательной организации ИИ используется в педагогической и образовательной деятельности в виде различных образовательных платформ, систем, обучающих тренажеров и т.п.), как средства автоматизации, процесса обучения, в системе профессиональной подготовки:

- взаимодействия преподавателя и слушателя;
- формирования индивидуальной образовательной траектории обучающегося;
- оценки текущей успеваемости обучающихся;
- мониторинга образовательной деятельности как обучающегося, так и преподавателя.

На основе технологических ресурсов, возможностей и имеющегося педагогического опыта в современных условиях формирование и внедрение технологий ИИ в образовательную среду военной организации должно базироваться на онтологическом моделировании предметных областей и направлений его применения в информационных системах с элементами ИИ, т.е. формирования исходных данных для набора методов описания информационного хранилища исходных данных программ, с описанием частных критериальных и параметрических показателей.

Онтология – представляет собой формализованную спецификацию (список) концептуализации, на которой основано формальное представление знаний [2, с.320]. Под концептуализацией – понимается процесс перехода от представления предметной области (ПрО), выраженного на естественном языке к точной спецификации описания на некотором формализованном языке, предполагающем современную компьютерную обработку, с описанием множества понятий (концептов) ПрО, знаний о них и связях (отношениях) между ними [3, с.147].

На современном этапе развития разных областей знаний, практически во всех областях присутствует потребность в ситематизации и обработке данных. Задача выбора наиболее подходящего и оптимального способа обработки достаточно важно, особенно, когда информация (исходные данные) поступает из различных источников и её необходимо проанализировать, например, провести экспресс-оценку достоверности и возможности применения в перспективе, учитывая объём и структуру данных.

Принципиальная схема основных составляющих процесса обучения (контроля) слушателей с применением технологий ИИ показана на Рис. 1.

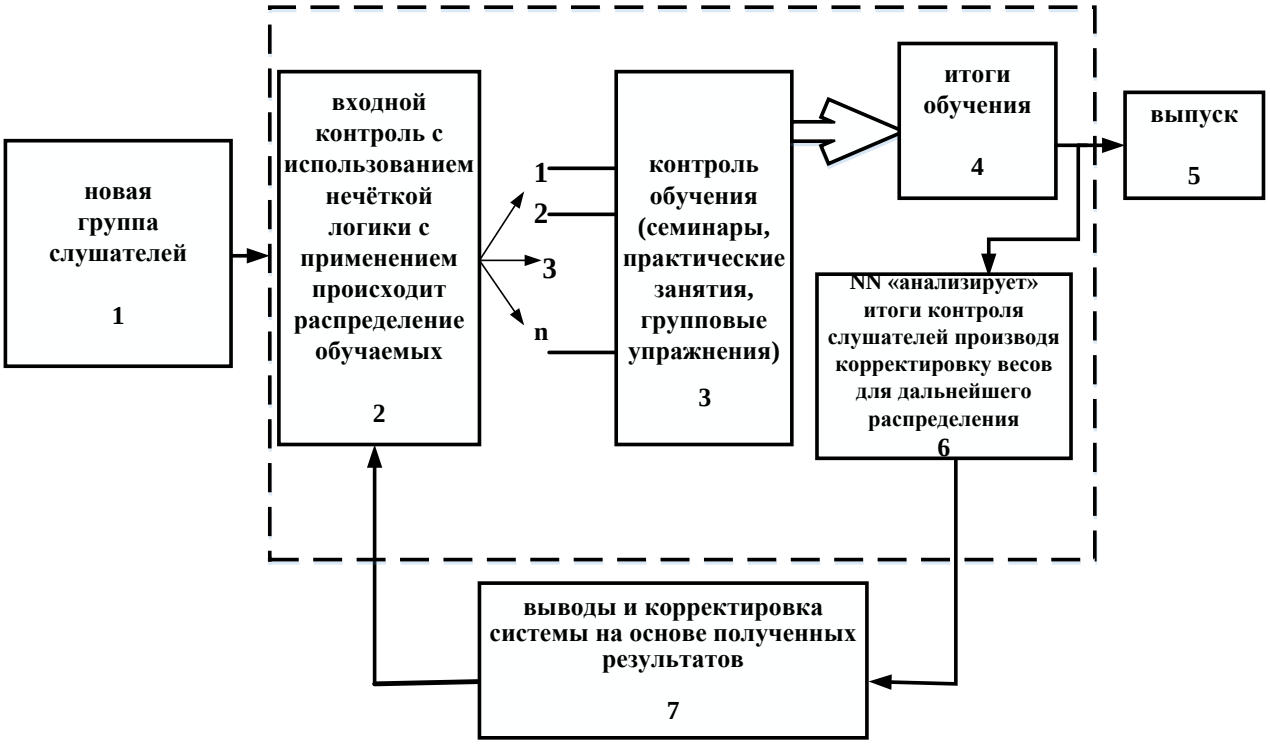


Рис. 1. Принципиальная схема процесса обучения слушателей с использованием ИИ

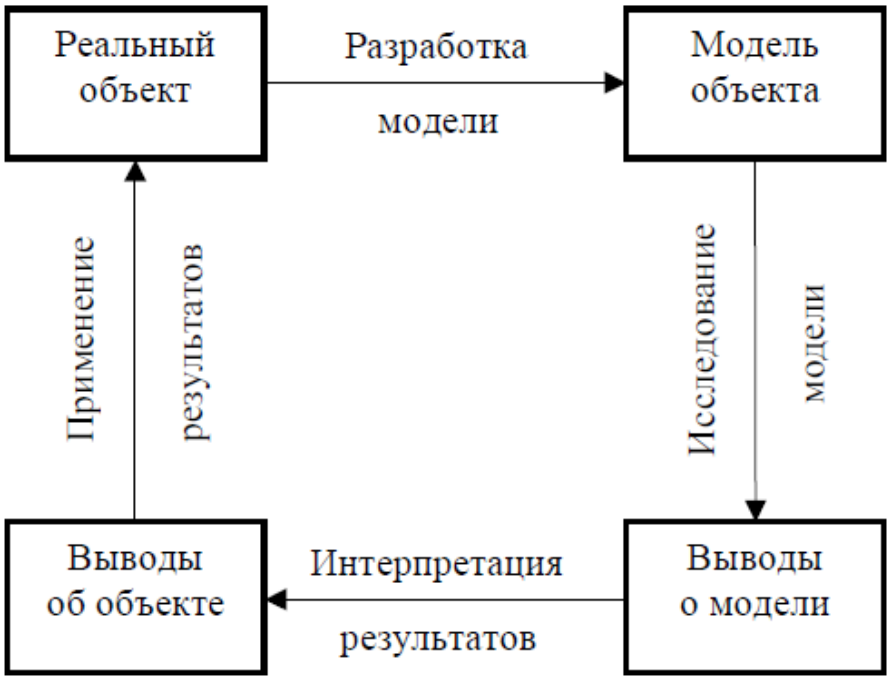


Рис. 2. Укрупнённый цикл моделирования взаимосвязи между объектом реального мира и его моделью

Согласно разработанной принципиальной схеме процесса обучения слушателей с применение технологий ИИ элементы достаточно сложны и поэтому целесообразно их рассмотреть каждый по отдельности. Элементы находятся во

взаимодействии и взаимосвязаны между собой. В этом случае обоснованно использовать системный подход, позволяющий описать работу каждого элемента и спрогнозировать эффективность системы в целом, в этом и заключается смысл системного подхода – представление сложного в виде системы взаимодействующих элементов. Этапы моделирования и взаимосвязи этапов разработки модели - разработанная схема укрупнённого цикла моделирования взаимосвязи между объектами реального мира и модели Рис. 2.

Согласно исследованиям Вентцель Е.С. [4] создание сложных систем требует применение знаний, присущих рассматриваемым системам - о количественных и качественных закономерностях. При этом основными являются общесистемные вопросы, выстраивающиеся в определение структуры, организации взаимосвязи между элементами, предусматривающие обмен информации с внешней средой, процессы регулирования состояния каждого элемента, так и всей системы в целом.

Система методов, позволяющая обосновать оптимальность того или иного решения с помощью математического аппарата, и лежит в основе «исследования операций» [4]. Такие оптимизационные задачи, связанные с обработкой параметров системы, носят название – задачи математического программирования.

Перечислим методы, относящиеся к математическому программированию:

Так, например, расчёты по детерминированным параметрам удобны благодаря относительной несложности - его сущность заключается в нахождении значений изменения параметров, величину изменения показателя.

Метод, сочетающий в себе возможность математических расчётов с простотой и наглядностью графических построений – графоаналитический, заключается в отображении результатов предварительных аналитических расчётов, с помощью которых графически находится решение.

Динамическое программирование - нахождение оптимального решения, реализуется это за счёт того, решение задачи разделяется на этапы, задачи на которых решаются по отдельности, при этом планирование осуществляется поэтапно и последовательно.

Линейное программирование - позволяет найти экстремальное значение линейной функции многих переменных при наличии линейных ограничений, связывающих эти переменные.

В качестве примера рассмотрено применение графоаналитического метода, включающего в себя методику первоначального формирования группы признаков, характеризующих ситуацию с участием экспертов с использованием вербально числовой шкалы определяющей коэффициенты значимости каждого q-го признака на основе алгоритма выбора из большого массива критериев выделенные подруппы критериев с учётом данных экспертами разрабатываются анкеты.

Результаты экспертного опроса целесообразно представить в виде таблицы со значениями групповых ненормированных и групповых ярусных коэффициентов важности [5] – таблица 1.

Таблица 1

Номер пункта	Значения групповых ненормированных *i*-х коэффициентов важности, полученных в первом или втором туре										Значения групповых и ярусных коэффициентов важности *Gi*			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение	Нормиро- ванные значения групповых к.в.	Коэффициент важности по ярусам, %	Проверка пятого яруса
Наименование группы признаков														
1														
2														

На основе полученных результатов экспертного опроса для распределения выбранных экспертами признаков разработано «дерево свойств» с применением квалиметрического метода для ранжирования отобранных признаков по группам [5]. Результаты графоаналитического моделирования приведены на Рис. 3.

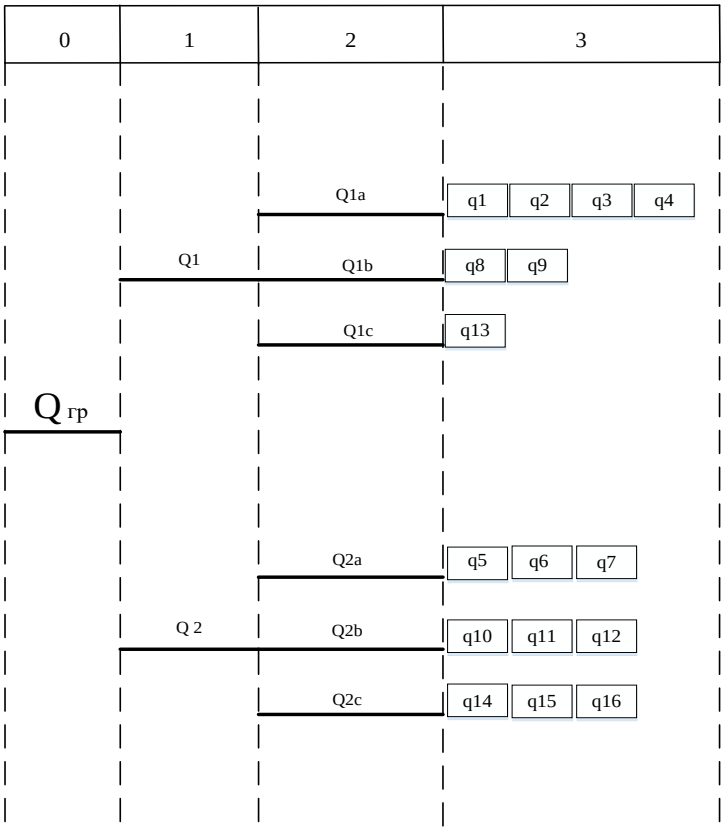


Рис. 3. «Дерево свойств» ранжирования признаков по группам

Интерпретация полученных результатов ранжирования признаков по группам с применением графоаналитического метода Рис. 4.

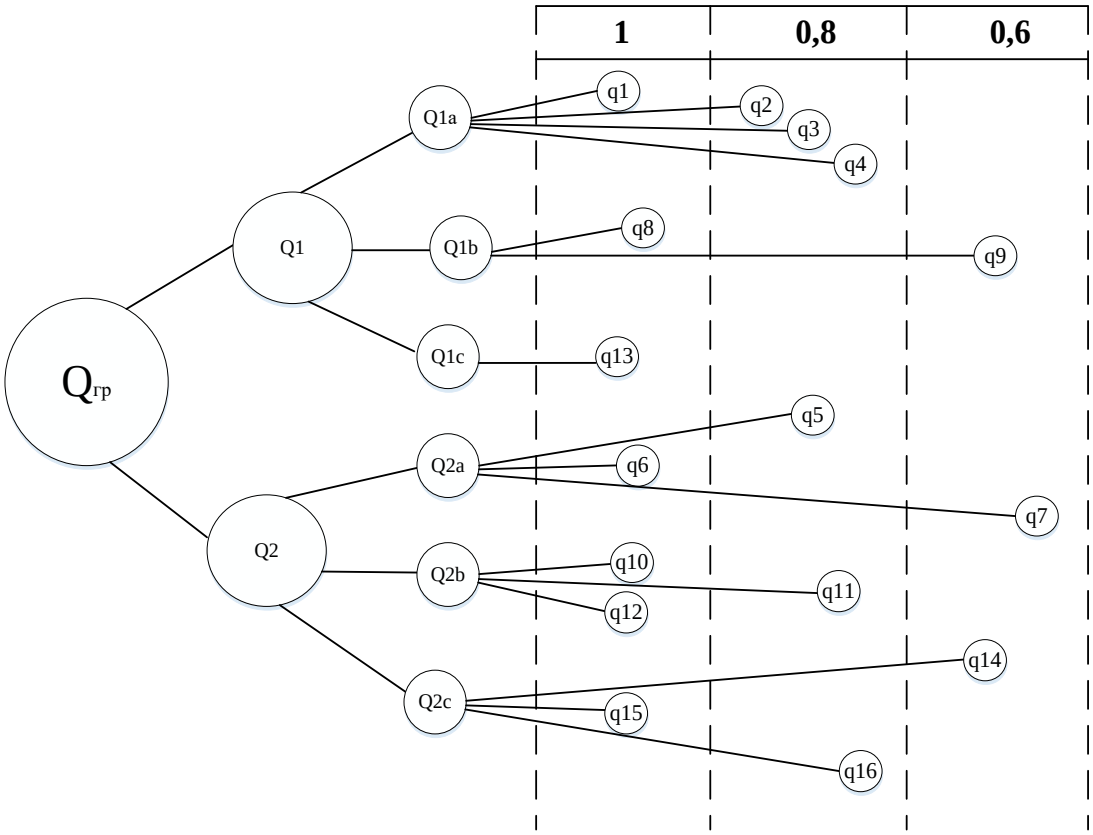


Рис. 4. Графоаналитический метод представления признаков по группам с учётом отобранных коэффициентов весомости

Получение информации при моделировании на основе онтологий формализации получаемых знаний обучаемых с точки зрения структурной её организации (внутренней структуры подсистемы) проявляет сходство с системами ИИ, построенных на основе ассоциативных моделей, которые могут быть представлены в форме нейронных сетей различного вида (структуры).

Построенная подсистема информации существенно влияет на результативность онтологического моделирования. Представление получаемой информации в форме удобной для восприятия акторами ситуационного управления является важнейшей задачей онтологического моделирования Рис. 3.

На практике, информационные системы, разработанные на основе онтологий, показали свою эффективность и интерес к ним постоянно растет. Однако существующие методы построения онтологии требуют экспертных знаний в исследуемой предметной области, а построение онтологии на основе их использования занимает существенный объем времени, поэтому актуальной задачей является формализация и автоматизация процесса построения онтологии. Фактором, сдерживающим распространение технологий, использующих онтологические модели, является недостаточный уровень разработки формализованных и автоматизированных процедур формирования структуры онтологий в

отсутствии соответствующих программных средств. В основе формализации онтологий, с одной стороны, лежат общепризнанные методы представления знаний (исчисление предикатов, семантические сети и фреймы), с другой стороны – методы описания онтологических знаний с помощью специальных семантических конструкций.

Принятая для разработки онтологий структура развития направлений онтологического инжиниринга представлена на Рис. 6, сформировавшаяся в настоящее время в инженерии знаний, методология проектирования (МПрО), в качестве разработки баз знаний (БЗ) для экспертных систем (ЭС), систем управления знаниями (СУЗ) и других систем, основанных на знаниях, при этом, на первых трёх этапах разработки возникают основные проблемы инженерии знаний.

Рис. 5. Принципиальная схема общей структуры системы получения интеллектуального анализа онтологического моделирования

На этапах реализации и тестирования, соответственно, могут проявляться неполнота, не качественность описания элементов и ПрО в целом, что является причиной возврата на предыдущие этапы проектирования, и это может повторяться многократно. В этой связи проектирование МПрО до настоящего времени остаётся процессом слабо формализованным.

В онтологиях проблемы извлечения знаний усугубляются повышенными требованиями к качеству семантических единиц, входящих в неё. Имеется в виду: строгость определения терминов, необходимость их принятия международным сообществом, согласованность с некоторой моделью предметной области, для которой они строились, а также – с определённой единой моделью, принятой в данной области знаний. Существует также целый ряд требований к МПрО, определяемых спецификой онтологий.

Предметные области и связанные с ними информационные системы в общем случае не носят четко выраженный и однозначно определенный характер взаимодействия между ними и взаимного влияния друг на друга.

Это связано прежде всего с тем, что существующие процессы взаимодействия ПрО с ИС связаны между собой, которые с одной стороны по мере углубления содержательных представлений о предметной области и развития их формальной теории, которые позволяют строить все более совершенные, интеллектуализированные информационные системы. С другой стороны, развитие

математической теории информационных систем приводит к созданию совершенно новых поколений методов углубления и расширения знаний о предметных областях. Несмотря на взаимное, постоянно развивающееся взаимодействие друг с другом, оно не носит симметричный характер.

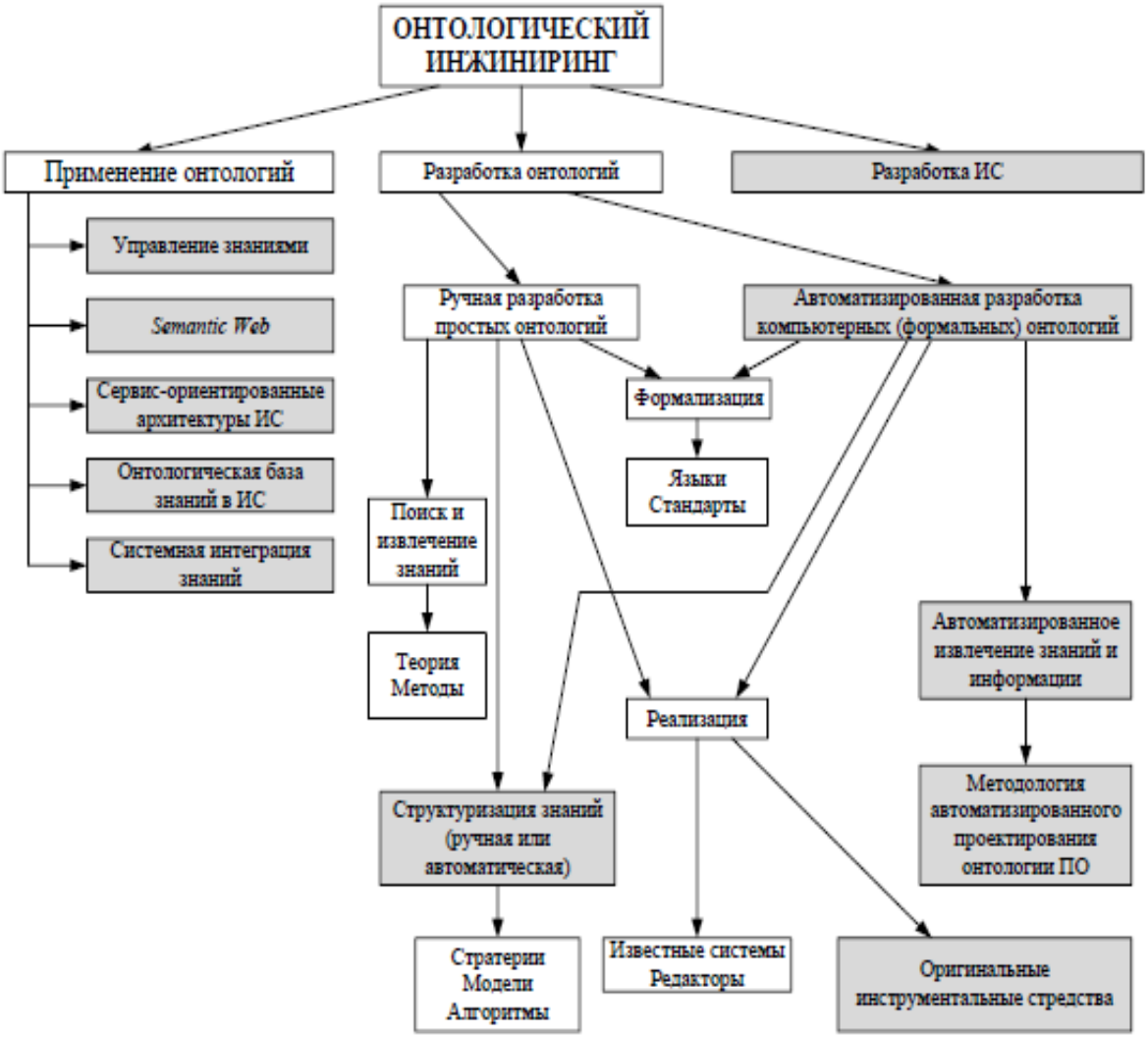


Рис. 6. Структура развития направлений онтологического инжиниринга [8]

На Рис. 7 приведена модель построения любой информационной системы (ИС) с учетом влияния на неё знаний, содержащихся в предметной области.

Приведённая на рисунке модель организации информационной системы состоит из баз данных, информационных хранилищ и баз знаний, которые реализуют функции сбора, обработки, поиска, выдачи и передачи информации. При этом каждый из этих носителей может использоваться как отдельная специфическая модель предметной области (МПО) ИС, так и в совокупности — интегрированная МПО.

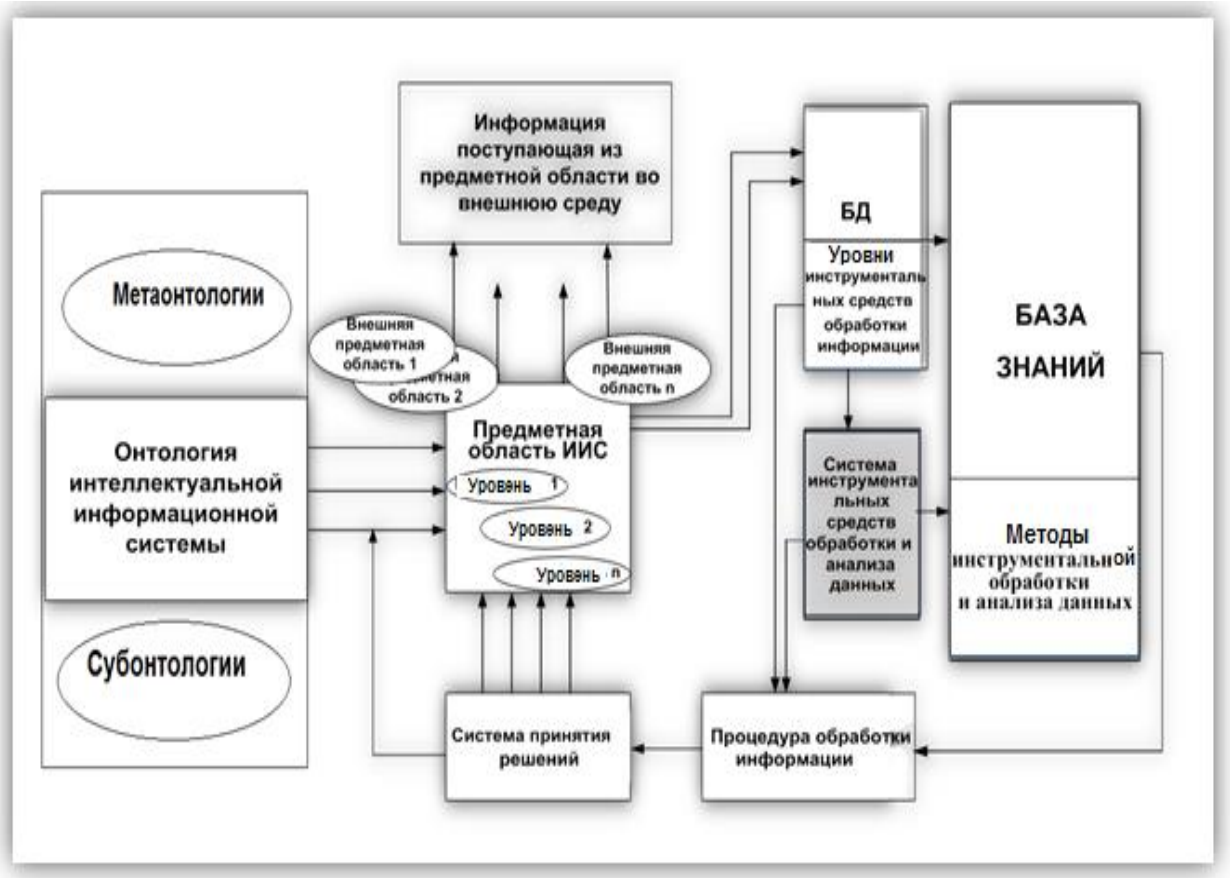


Рис.7. Принципиальная схема структуры системы модели организации информационной системы

Для создания онтологической модели организации информационной системы необходимо владеть формальными средствами проектирования онтологии (программными инструментами редактора онтологий, формальными языками представления знаний, а также системно представлять организацию конкретной ПрО. Принципиальная укрупнённая блок-схема алгоритма проектирования онтологии приведена на Рис.8.

Знания являются важнейшим ресурсом современных организаций, и эффективность их деятельности, в значительной степени, зависит от управления процессами работы со всеми видами знаний, т. е. от управления знаниями.

Для того, чтобы определить структуру взаимосвязей между элементами знаний организации, необходимо выделить (абстрагировать) понятия из содержания элементов знаний (документов, опыта сотрудников) и структурировать (организовать) их формальным способом, путем задания взаимосвязей между этими понятиями. Одним из наиболее разработанных в настоящее время способов описания знаний в виде множества понятий и взаимоотношений между ними являются онтологии, формализованные в виде списка концептуализации образовательного процесса обучения с целью получения запланированных знаний на основе системного подхода создания файла её описания, удовлетворяющих заданным правилам и ограничениям.

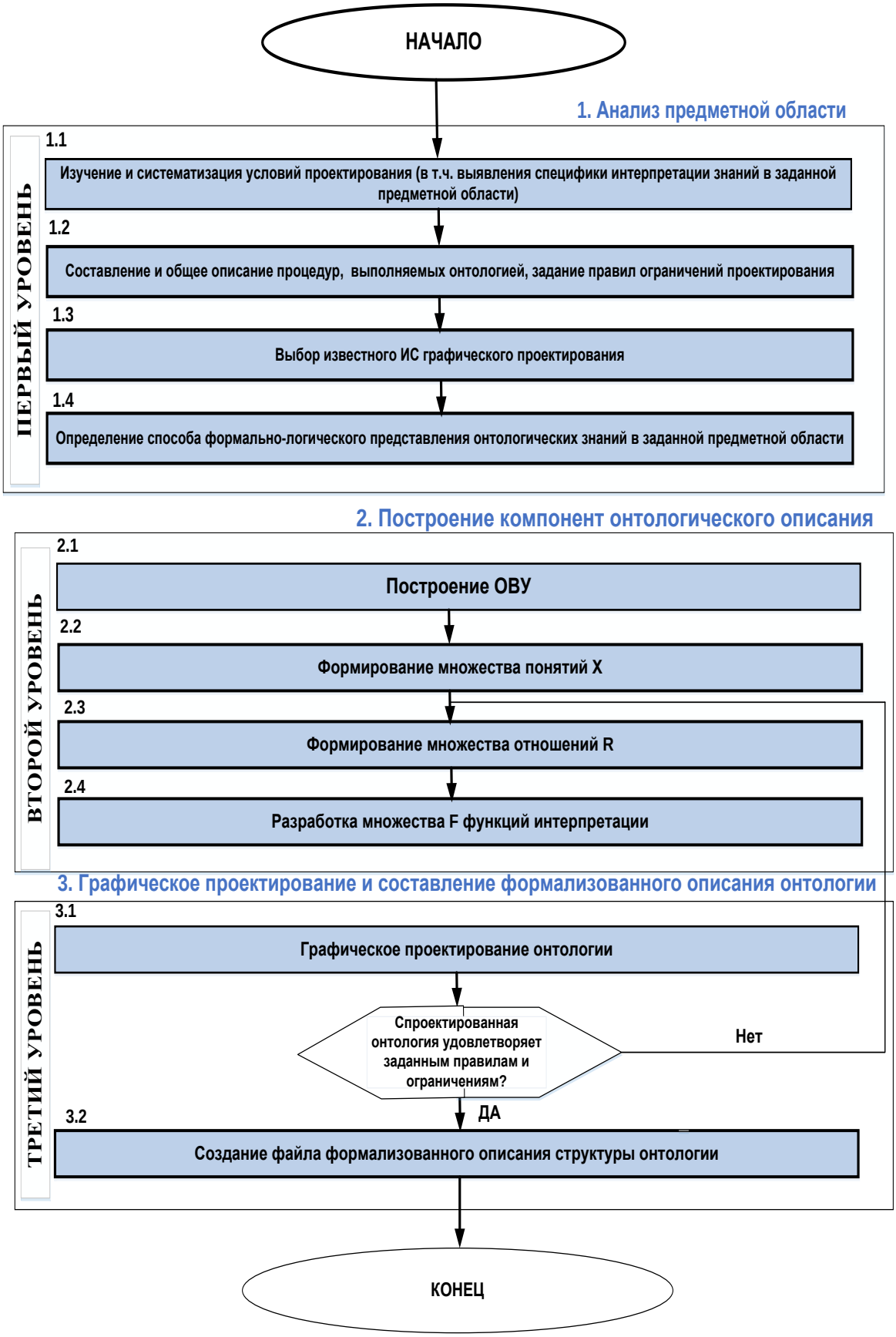


Рис. 8. Принципиальная укрупнённая блок-схема алгоритма проектирования онтологии

Известно [8], что онтологии областей знаний связаны с иерархией областей знаний онтологии на основе их организации. Причём, состав и структура онтологий областей не фиксированы и могут меняться по ходу использования модели знаний в СУЗ, и тем самым обеспечивать требуемый уровень гибкости модели областей знаний обеспечивают требуемый уровень гибкости модели знаний и возможность её постепенного наращивания.

Ограничение масштабов модели рамками конкретной подобласти приводит к её упрощению и позволяет задействовать для её построения экспертов узкой специализации, выполняющих постепенное, модульное развитие базы онтологии организации знаний. При таком подходе, можно существенно снизить трудоемкость разработки СУЗ. Согласование этих относительно нетрудоёмких процессов обеспечено разработкой и онтологии верхнего уровня с использованием методов объединения онтологий отдельных подобластей знаний в единую базу. Предлагаемая структура построения онтологической базы организации знаний [8] приведена на Рис. 9.

Рис. 9. Принципиальная структурная схема построения модели организации знаний

Использование онтологии позволяет описывать объекты знаний в виде набора метаданных. Метаданные это данные, описывающие содержание и связь, изучаемых объектов с другими объектами знаний системы, с контентным описыванием содержимого объекта. Использование метаданных, в особенности контентных (семантических), позволяет эффективно решать такие задачи работы со знаниями, как поиск, категоризация и рекомендация знаний.

Онтология вместе с описаниями всех ОЗ (объектов знаний) в виде набора метаданных составляет онтологическую базу организации знаний.

На Рис. 10 приведена принципиальная схема структуры системы управления знаниями (СУЗ) [8], сформированная на единой онтологической базе организации знаний. Рассматриваемая СУЗ может быть реализована на основе ре-

ляционной базы данных в виде набора таблиц и хранимых процедур для работы с ними, а также в виде библиотек API, которые предоставляют набор методов по работе с онтологией и метаданными.

В области ИИ в основном развиваются математические (символьные, синтаксические) модели, для которых необходимо повышать семантическую мощность интеллектуальных систем. Для этого необходимо чётко определить базовые понятия, такие как «понимание», «интерпретация», «смысл» применительно к машинным аналогам мыслительных процессов человека.

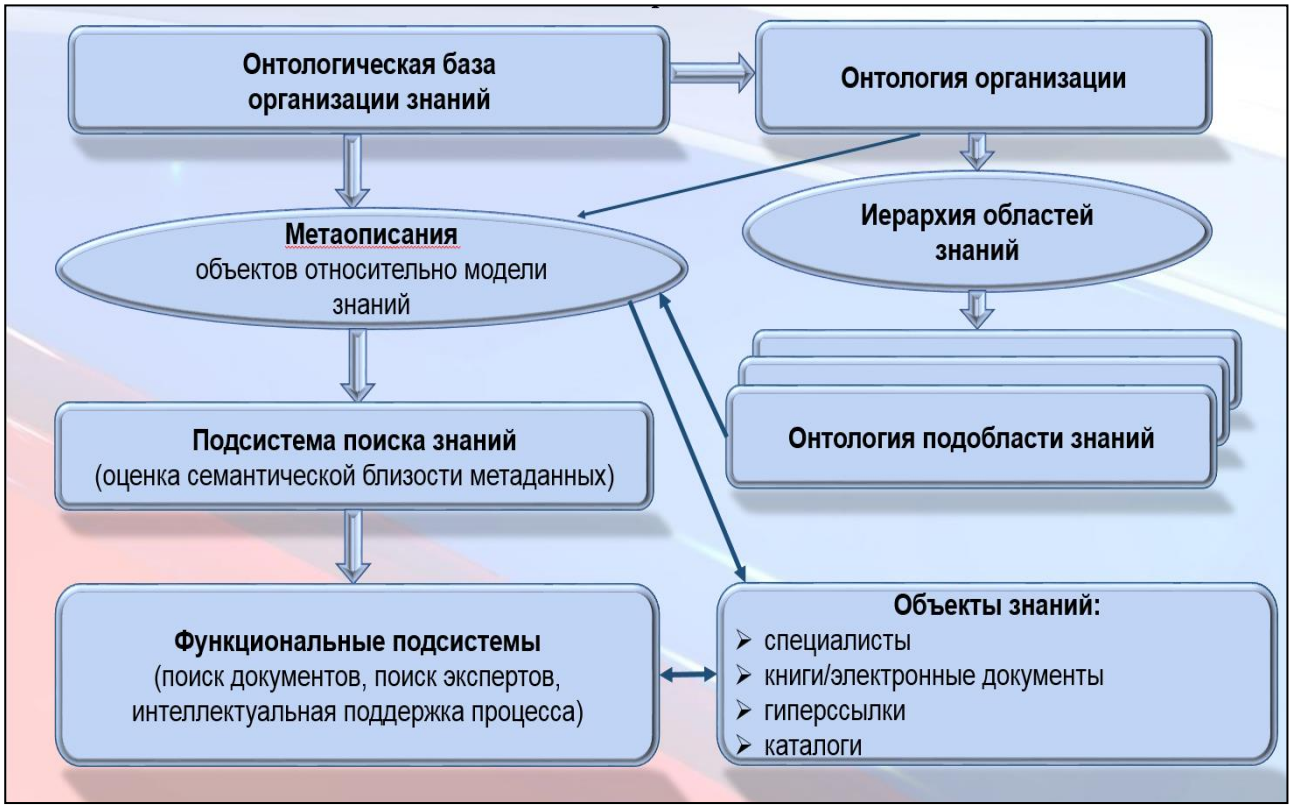


Рис. 10. Принципиальная схема структуры системы управления знаниями на основе единой модели организации знаний

Границы применимости ИИ очерчены достижениями современной математики, которая доказала неисчерпаемость процесса познания и невозможностью построения формальных моделей, адекватных моделируемым предметным областям.

Изложенные в статье результаты научно-методологического подхода к построению онтологического моделирования предметных областей изучаемых дисциплин с элементами ИИ позволяет обеспечить при их применении:

- более качественное и многомерное описание семантики предметной области;
- универсальный подход к моделированию знаний;
- повышение качества обучения интеллектуальных информационных систем;
- широкий спектр предметных областей, которые могут быть смоделированы и использованы для обучения интеллектуальных информационных систем.

Таким образом, внедрение и применение технологий ИИ в информационно-образовательной среде военных образовательных организаций является ближайшей перспективой образовательного процесса, т.к. это продиктовано мировыми тенденциями развития ИИ в данной области [1].

Список источников

1. Горизонт возможных перспектив перспективы внедрения искусственного интеллекта в ЭИОС военных образовательных организаций / С. И. Пасичник, А. В. Рычков, М. В. Щедловская, А. В. Шигин // Вестник военного образования. – 2022. – № 4(37). – С. 58-64.
2. Советов Б. Я. Интеллектуальные системы и технологии: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 320 с. — (Сер. Бакалавриат).
3. Щеглов С.Н. Онтологический подход и его использование в системах представления знаний / Щеглов С.Н. – М.: Известия ЮФУ. Технические науки. – с. 146-153.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. пособие для вузов /Е.С. Вентцель. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2006. – 206, [2] с.: ил.
5. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие/ Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. — М.: ИД ИнформЗнание, 2012. — 165 с.: ил.
6. Загорулько Г.Б. Разработка онтологии задач и методов для инструментария построения интеллектуальных СППР/ Г.Б. Загорулько// Труды XVII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии» часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2012,- с.43-49.
7. Компьютерная онтология: задачи и методология построения / В. В. Бова, Д. В. Лещанов, Д. Ю. Кравченко, А. А. Новиков // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2014. – № 4(19). – С. 44-55. – EDN UBNFFF.
8. Тузовский А.Ф. Разработка систем управления знаниями на основе единой онтологической базы знаний/ А.Ф. Тузовский//. – Т.310, №2. – С.182-185.

© В.П. Герасименя, М.В. Щедловская, 2023

УДК 621.311.001.57

ГЛАВА 6. ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Исаев Андрей Станиславович
канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО НИ «Российский химико-технологический университет» им. Д.И. Менделеева

Аннотация: Рассмотрено моделирование режимов (установившихся и переходных) электрических цепей. Сделан обоснованный вывод о возможности применения визуального моделирования с использованием информационных технологий (инструментальное средство – Matlab SimPowerSystems) с отказом от стандартных методов расчета. В результате получены адекватные объекту исследования модели. Таким образом, разработана алгоритмически и реализована программно информационная основа для виртуальных лабораторных установок.
Ключевые слова: электрическая цепь, визуальное моделирование, информационные технологии, переходный процесс, установившийся режим, параметры режима, Matlab, Simulink.

VISUAL MODELING OF ELECTRIC CIRCUITS

Isaev Andrey Stanislavovich

Abstract: The modeling of modes (steady-state and transient) of electrical circuits is considered. A reasonable conclusion is made about the possibility of using visual modeling using information technology (the tool is Matlab SimPowerSystems) with the rejection of standard calculation methods. As a result, models adequate to the object of study were obtained. Thus, an information basis for virtual laboratory installations has been developed algorithmically and implemented in software.
Key words: electrical circuit, visual modeling, information technology, transient, steady state, mode parameters, Matlab, Simulink.

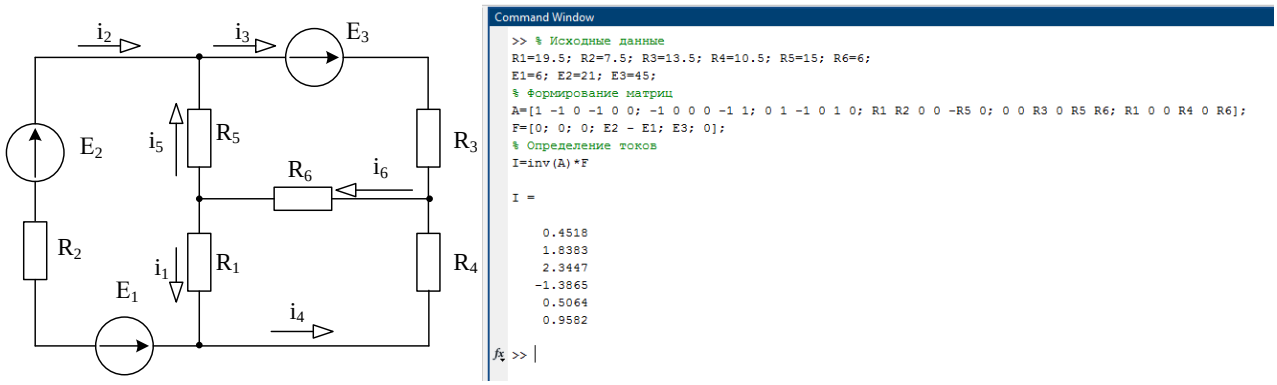
Введение. Режим – состояние объекта в заданный момент времени, количественно характеризующееся параметрами режима. Режим электроэнергетической системы определяется значениями токов в ветвях и напряжениями в узлах схемы. Теория расчета режимов электрических цепей разработана в достаточном объеме, основные положения приведены в учебно-методической литературе [1]. Математический аппарат реализован в виде структур линейной алгебры для программной алгоритмизации и использовании на ЭВМ [2].

Развитие информационных технологий приводит как к возможности уменьшения трудоемкости вычислительного процесса – в частности, обращение матриц и решение систем линейных уравнений (СЛАУ) являются элементарными функциями, реализованными в программном обеспечении, так и построения более строгих моделей и применения более точных методов расчета. При этом основной современной тенденцией является отказ от программирова-

ния в явном виде с использованием языков программирования высокого уровня. Сделан аргументированный выбор в пользу использования специализированного программного обеспечения, адаптацией стандартных (например, макропрограммирование или использование функций рабочего листа в MS Excel) офисных программ или применения прикладных математических пакетов (Maple, Mathematica, Matlab, MathCAD).

Из математических программных средств по функциональным возможностям, первое место занимает Matlab. Имеется опыт использования этой программы – основные аспекты изложены в разработке [3], реализация в виде лабораторного практикума отражена в [4]. Но при этом Matlab используется большей частью как высокоинтеллектуальный калькулятор, реализующий программно известные методы расчета режимов электрических цепей. Но подобное может быть реализовано и в других программных средствах – например, в MathCAD [5]. Основным же достоинством программы является наличие библиотек визуального моделирования технических систем Simulink (для построения мехатронных объектов раздел SimPowerSystems, в самых поздних версиях – SimScape). В этом случае можно отказаться от расчета параметров режима, заменив его математическим моделированием объекта. Подобный подход обсуждался на ряде вебинаров, организованных ВУЗами электроэнергетического профиля [6].

Методы. Целью работы является адаптация библиотеки SimPowerSystems для построения моделей электрических цепей. Рассматривается разный род тока, различные режимы (установившиеся и переходные) с вариацией исходных данных. В виде объекта исследования для примера приняты схемы из учебной литературы [7], в качестве инструментального средства – Matlab R2021a (релиз программы необходимо учитывать – ранние версии SimPowerSystems не читают файлы более новых, а преобразование зачастую приводит к ошибкам моделей).



а) б)

Рис. 1. Расчет цепи постоянного тока; а) исходная схема, б) скрипт Matlab

В самом пособии [7] наряду с задачами приведено описание вычислительных методов – решение систем линейных и дифференциальных (ДУ) уравнений – на языке Fortran. Построение различных математических моделей (визуальное, инструментальное и имитационное моделирование) в SimPowerSystems

позволяет отказаться от подобных процедур – определение параметров режима в этом случае будет базироваться на функциональных возможностях Matlab.

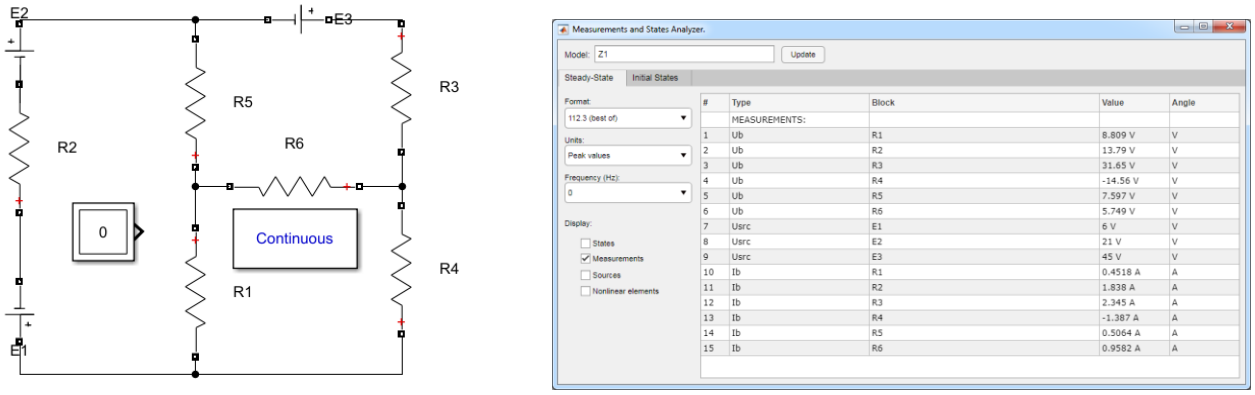
Моделирование цепей постоянного тока. Рассмотрим расчет параметров режима (токи ветвей) для схемы рис.1, численные параметры приведены на рис.1-а.

Система уравнений по законам Кирхгофа имеет вид:

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_4 = 0 \\ -I_1 - I_5 + I_6 = 0 \\ I_2 - I_3 + I_5 = 0 \\ I_1R_1 + I_2R_2 - I_5R_5 = -E_1 + E_2 \\ I_3R_3 + I_5R_5 + I_6R_6 = E_3 \\ I_1R_1 + I_4R_4 + I_6R_6 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

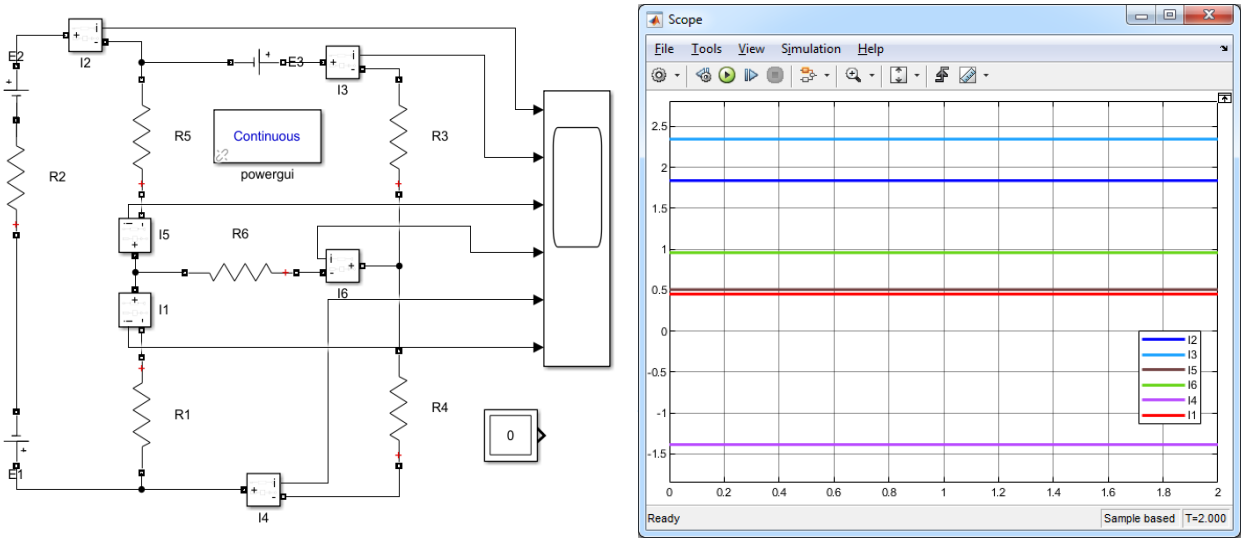
Для решения (1) составлен программный код Matlab – рис.1-а. Матрицы формируются построчно, для решения СЛАУ использован метод обратной матрицы. Для построения визуальной модели (рис.2-а) использована библиотека SimPowerSystems. Источники ЭДС реализованы блоками *DC Voltage Source* (идеальный источник напряжения, характеризующийся нулевым внутренним сопротивлением), пассивные элементы – *Series RLC Branch*. Условно положительным направлениям токов (приведены на рис. 1-а) соответствуют направления токов в элементах от «начала» ветви (отмечено маркером «+» на схеме). Ввод параметров элементов и их настройка осуществляется с помощью контекстных меню. Расчет реализован блоком *Powergui* (в терминологии Matlab – расчет режима комплексным методом «*steady-state*») – рис.2-б.

Для моделирования режима составлена визуальная модель – аналог виртуального лабораторного стенда (рис.3-а). Измерение токов выполнено измерительным блоком *Current Measurement*, результат выводится на электронный осциллограф *Scope*.



а) б)

Рис. 2. Расчет режима комплексным методом (блок Powergui); а) модель, б) результаты расчета



а) б)

Рис. 3. Моделирование режима (библиотека SimPowerSystems); а) модель, б) результаты моделирования

Соответствие результатов моделирования непосредственному расчету режима свидетельствует о правильности построения и адекватности модели объекту исследования.

Моделирование цепей переменного тока. Рассмотрим расчет параметров режима (токи ветвей) для схемы рис.4. В классической учебной литературе [2] в подобных задачах цепи переменного тока не рассматриваются из-за трудоемкости матричных операций с комплексными числами.

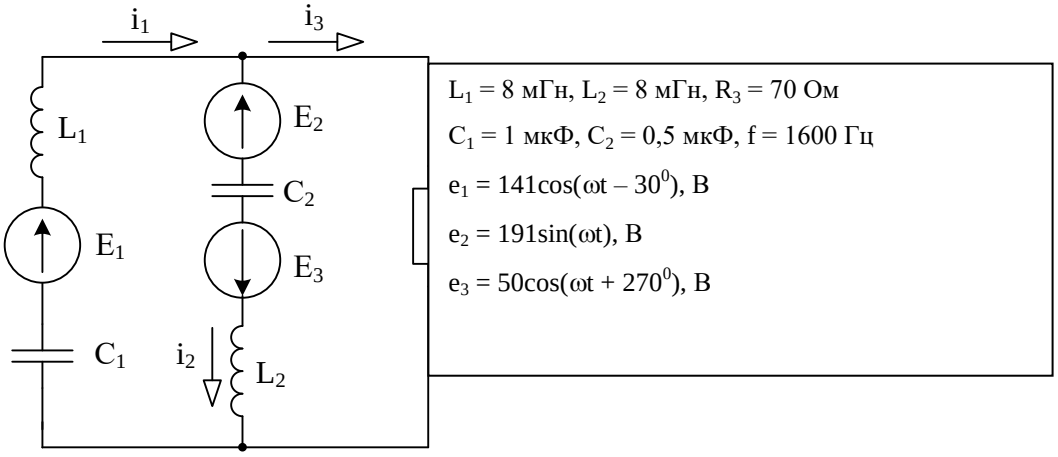


Рис. 4. Исходная схема цепи переменного тока

Система уравнений по законам Кирхгофа для действующих значений в векторной форме имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ \dot{I}_1 \cdot j(X_{L1} - X_{C1}) - \dot{I}_2 \cdot j(X_{L2} - X_{C2}) = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \\ -\dot{I}_2 \cdot j(X_{L2} - X_{C2}) + \dot{I}_1 \cdot R_3 = \dot{E}_2 - \dot{E}_3 \end{cases} \quad (2)$$

Решение (2) непосредственно (решение СЛАУ методом обратной матрицы) показано на рис. 2. На рис.2-а приведено формирование матриц, вычислительная процедура с получением токов ветвей (в комплексной форме и модули), на рис. 2-б – значения углов (с переводом в градусную меру функцией *rad2deg*).

Расчет параметров режима (рис. 6) и его моделирование (рис. 7) выполнено аналогично цепи постоянного тока. Отличие заключается в использовании другого источника ЭДС – *AC Voltage Source*. При этом для графической зависимости при моделировании выводятся и количественные характеристики (*Signal Statistics*) – амплитудное значение, минимальное, максимальное, среднеквадратичное, медианное (рис. 7).

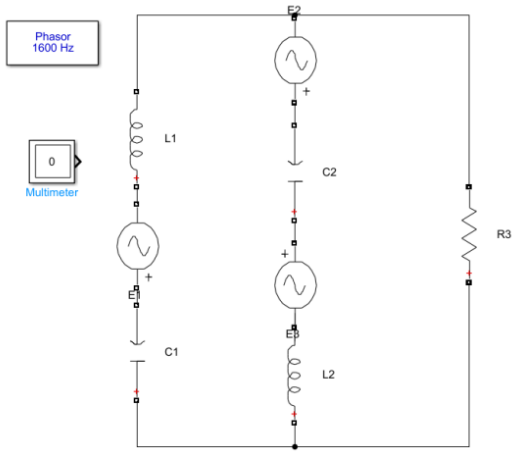
```
Command Window
>> % Исходные данные
R1=0; R2=0; R3=70; L1=8e-03; L2=9e-03;C1=1e-06; C2=0.5e-06;
E1=141*exp(-i*2.093)/2^(0.5); E2=191/2^(0.5); E3=50*exp(i*pi)/2^(0.5);f=1600;
% Расчет сопротивлений
XL1=2*pi*f*L1; XL2=2*pi*f*L2; XC1=1/(2*pi*f*C1); XC2=1/(2*pi*f*C2);
Z1=complex(R1, XL1-XC1); Z2=complex(R2, XL2-XC2); Z3=complex(R3, 0);
% Формирование матриц
A=[1 -1 -1; Z1 Z2 0; 0 -Z2 Z3];
F=[0;E1-E2+E3;E2-E3];
% Определение токов
I=inv(A)*F
abs(I)

I =

   0.6796 - 2.6192i
   0.6774 - 1.5697i
   0.0023 - 1.0496i


ans =

    2.7060
    1.7096
    1.0496

fx >>
```

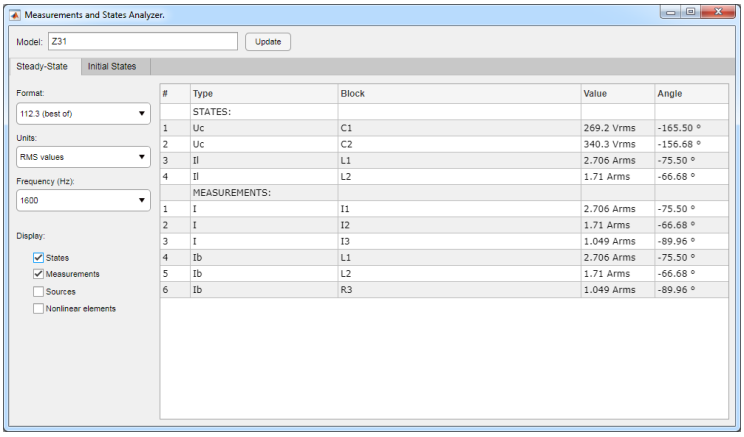
а)

```
Command Window
>> rad2deg(angle(I))

ans =

  -75.4543
  -66.6585
  -89.8767

fx >>
```

б)

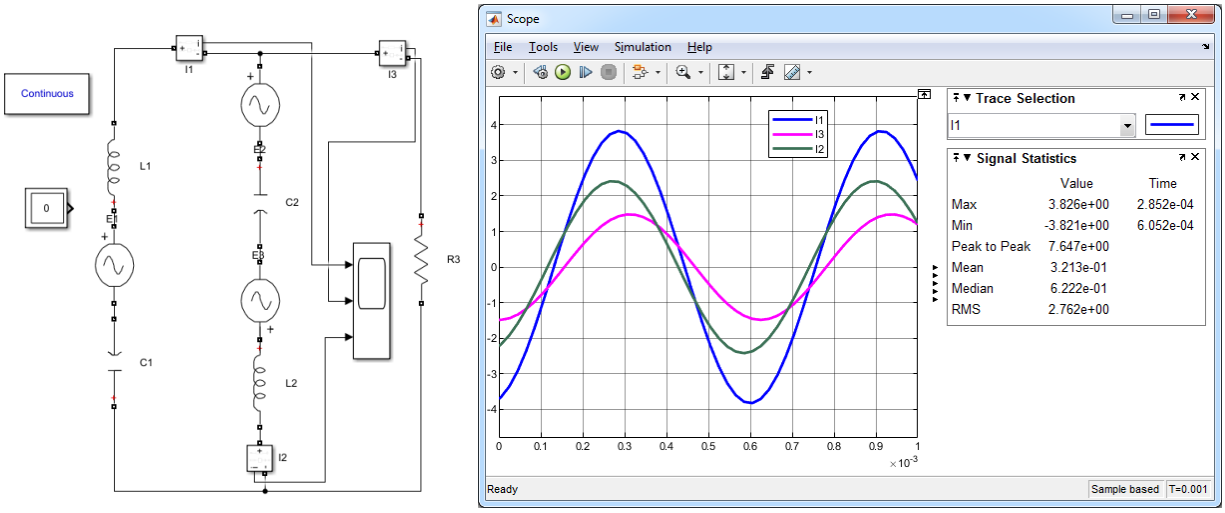
Рис. 5. Расчет параметров режима; а) скрипт Matlab, б) результаты расчета





а) б)

Рис. 6. Расчет режима комплексным методом (блок Powergui); а) модель, б) результаты расчета



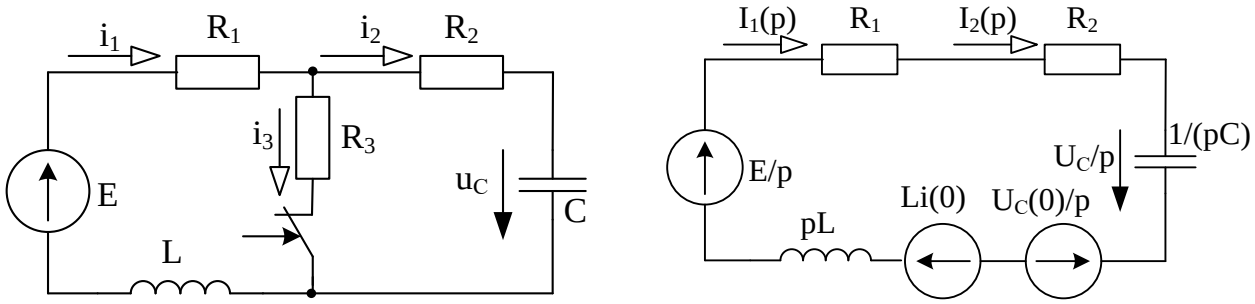
а) б)

Рис. 7. Моделирование режима (библиотека SimPowerSystems); а) модель, б) результаты моделирования

Соответствие результатов моделирования непосредственному расчету режима позволяет утверждать об адекватности модели объекту исследования. Преимуществом моделирования режима в этом случае в сравнении с традиционными методами является хорошая наглядность представления результата (в частности, построение векторной диаграммы функцией *compass*).

Моделирование переходных процессов. Рассмотрим переходный процесс (вызван коммутацией, приводящей к изменению конфигурации схемы) для цепи, представленной на рис.8. Как правило, в подобных учебных задачах рассматривается именно цепь постоянного тока ввиду наглядности переходного процесса (сопротивление индуктивности в этом случае равно нулю, емкости – бесконечности). В задаче необходимо найти закон изменения напряжения на емкости.

L = 1 мГн, C = 10 мкФ, E = 100 В, R_1 = 20 Ом, R_2 = 20 Ом, R_3 = 2 Ом



а) б)

Рис. 8. Расчет переходного процесса; а) исходная схема, б) схема для расчета в операторной форме

Традиционная методика расчета переходных процессов сводится к классическому (основан на декомпозиции параметров режима на две составляющие – принужденный режим и свободный процесс) или операторному (использует преобразование Лапласа) методу. Используем операторный метод – схема для послекоммутационного состояния приведена на рис.8-б. Его достоинством является возможность использования методов расчета линейных цепей, аналогичных расчету установившихся режимов.

Характеристическое уравнение (из условия Z(p)=0) имеет вид:

$$Z(p) = R_1 + R_2 + pL + \frac{1}{Cp} = LCp^2 + (R_1 + R_2)Cp + 1 = 0 \qquad (3)$$

Решая (3) относительно p, получим $p_1 \approx -2679{,}5$ c^{-1}, $p_2 \approx -37320{,}5$ c^{-1}. По значения корней можно судить о характере переходного процесса: корни отрицательные (переходный процесс устойчив), действительные и различные (переходный процесс имеет апериодический характер). Расчет в Matlab приведен на рис.9. Обратное преобразование Лапласа (переход от изображений функций к оригиналам – функциям времени) выполнен функцией *ilaplace*, преобразование к более компактному виду результата – *pretty*.

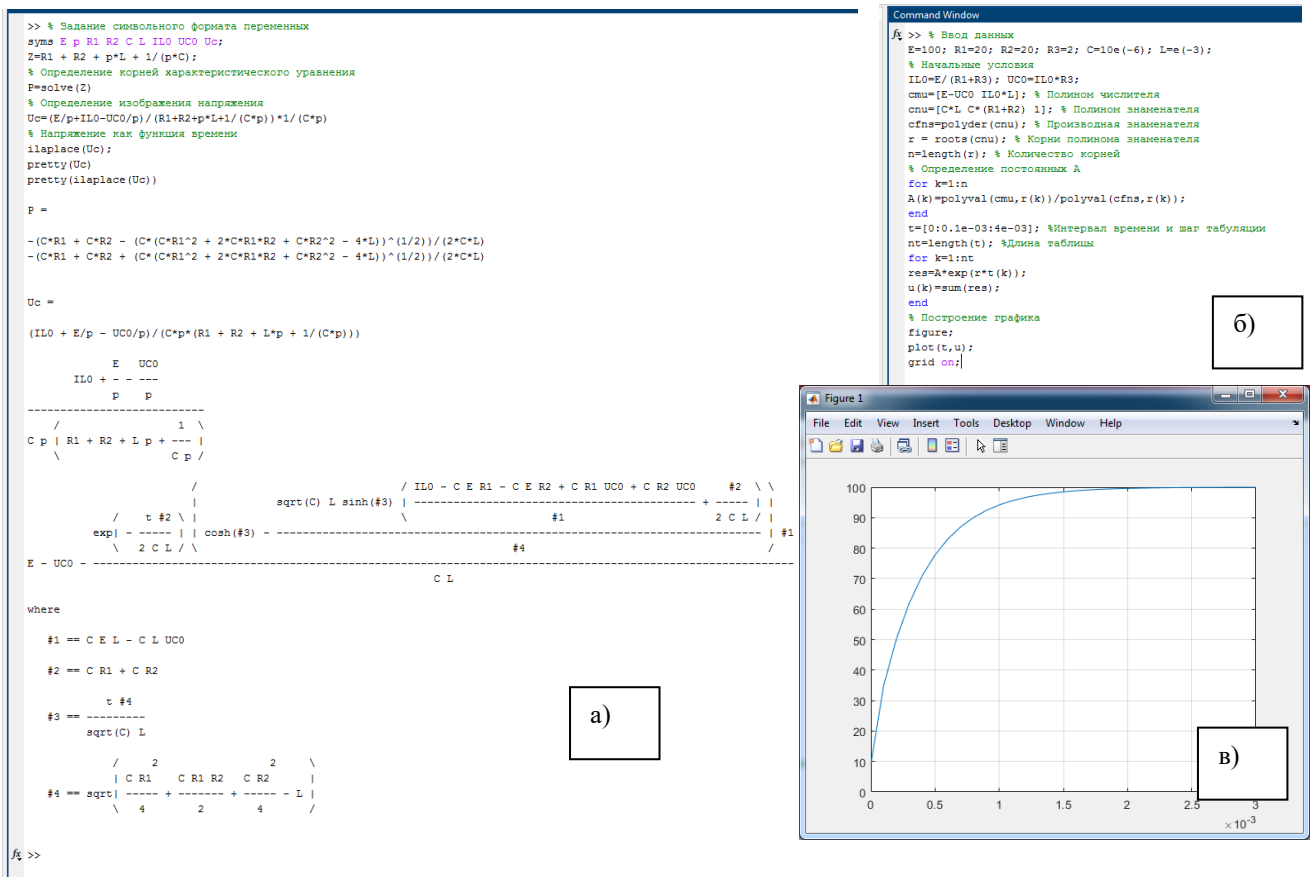


Рис. 9. Расчет переходного процесса операторным методом; а) программный код, б) получение функции времени, в) динамика напряжения

Окончательный вид функции u(t), полученной решением ДУ в общем виде (рис.9-а), достаточно громоздок – присутствует функция гиперболического ко-

синуса. Для получения более компактной записи использован код (рис.9-б), реализующий переход от изображений к оригиналу в виде:

$$\frac{M(p)}{N(p)} \to \sum_{k=1}^{n} \frac{M(p_k)}{N'(p_k)} \exp(p_k t) = \sum_{k=1}^{n} A_k \exp(p_k t), \quad A_k = \frac{M(p_k)}{N'(p_k)}$$

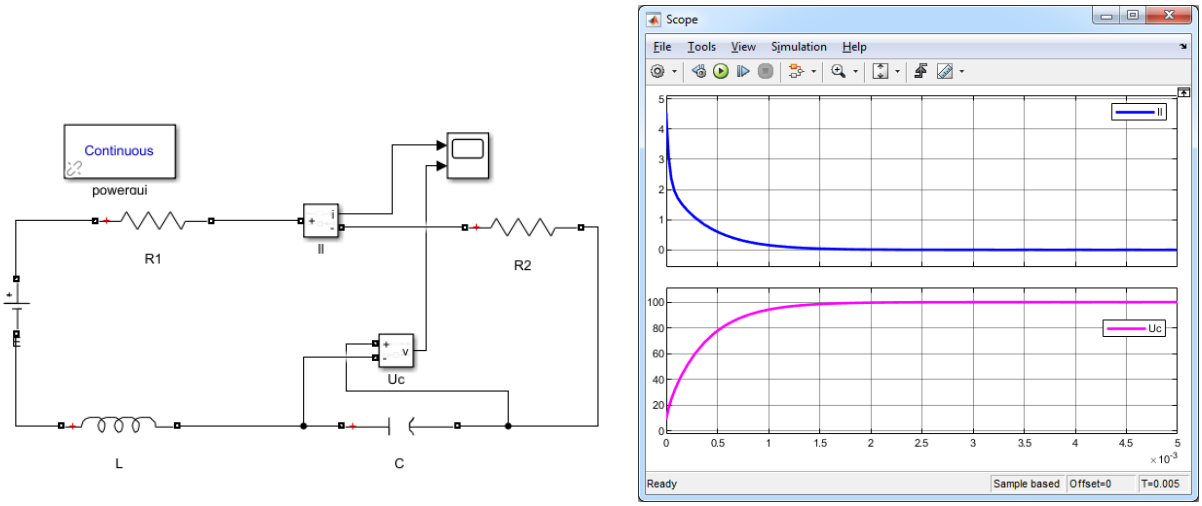
Согласно рис.9-а:

$$U(p) = \frac{E/p - U_c(0)/p + i_l(0)L}{cp(R_1 + R_2 + pL + 1/cp)} = \frac{E/p - U_c(0)/p + i_l(0)L}{cLp^2 + cp(R_1 + R_2) + 1}$$

Окончательно:

$$Uc(t) = 100 - 84{,}82\exp(-2679{,}5t) - 6{,}09\exp(-37320{,}5t)$$

Результирующий график зависимости напряжения на емкости приведен на рис.9-в. Моделирование переходного процесса выполнено двумя способами: задание начальных условий для емкости (напряжение) и индуктивности (ток) – рис. 10; моделирование коммутации в явном виде – рис. 11. Первый вариант аналогичен моделированию установившегося режима (отличие в начальных условиях – параметрах предшествующего режима, они задаются в соответствующем контекстном меню как «*Initial state*»). Во втором случае для управления (изменение состояния коммутационного элемента *Ideal Switch*) используется блок *Step* – переключение происходит в момент времени 5 мс (рис.11-б).

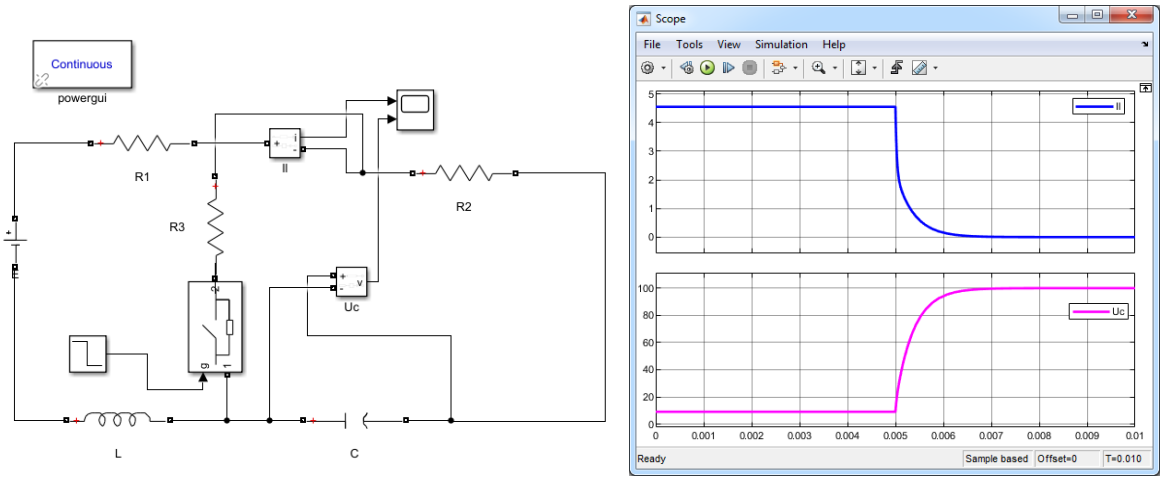


а) б)

Рис. 10. Моделирование режима (библиотека SimPowerSystems); а) модель, б) результаты моделирования

Результаты моделирования переходного процесса являются корректными. Они соответствуют известным теоретическим положениям и топологии схемы: новое значение тока в установившемся режиме (согласно классическому методу расчета – принужденный режим) равно нулю, а напряжение на емкости значению ЭДС источника. Это соответствует условию равенства тока через емкость нулю. Начальное значение тока через индуктивность определяется условием $i_L(0) = E/(R_1 + R_3)$, напряжение на емкости $u_C(0) = E \cdot R_3/(R_1 + R_3)$. Эти парамет-

ры в итоге (наглядно – рис.11-б) при изменении состояния схемы не изменяются скачком, что соответствует выполнению законов коммутации.



а) б)

Рис. 11. Моделирование коммутации (библиотека SimPowerSystems); а) модель, б) результаты моделирования

Моделирование несимметричных режимов. Другие задачи предметной области теоретической электротехники (например, трехфазные или нелинейные цепи) реализуются аналогично рассмотренным выше моделям. Нелинейность источника показана на рис.12. Источник представляет собой композицию двух сигналов (частот 50 и 150 Гц). Несимметричная нагрузка показана на рис.13. Приведен симметричный источник ЭДС (*Voltage Source Three-Phase*), несимметрия нагрузки соответствует обрыву фазы А. Достоинством SimPowerSystems является возможность не удалять элемент в явном виде, а комментировать его (сопротивление фазы А на рис.13 присутствует, но не является активным) – это повышает гибкость модели. На рис.13 заметно некоторое искажение синусоиды – это небольшая погрешность моделирования, вызванная большим шагом интегрирования (его уменьшение приведет к ликвидации этого дефекта).

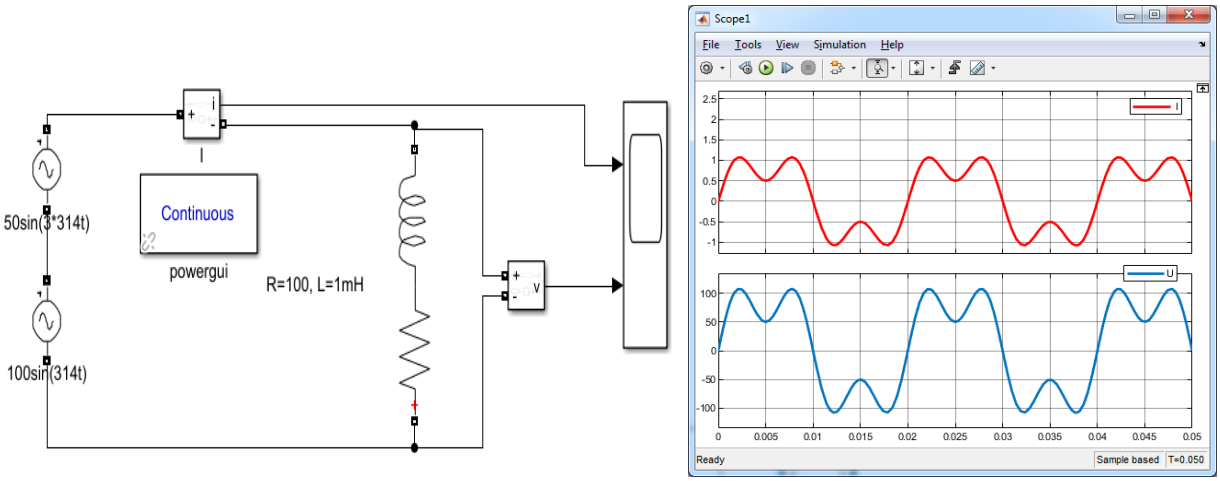


Рис. 12. Моделирование нелинейного источника ЭДС

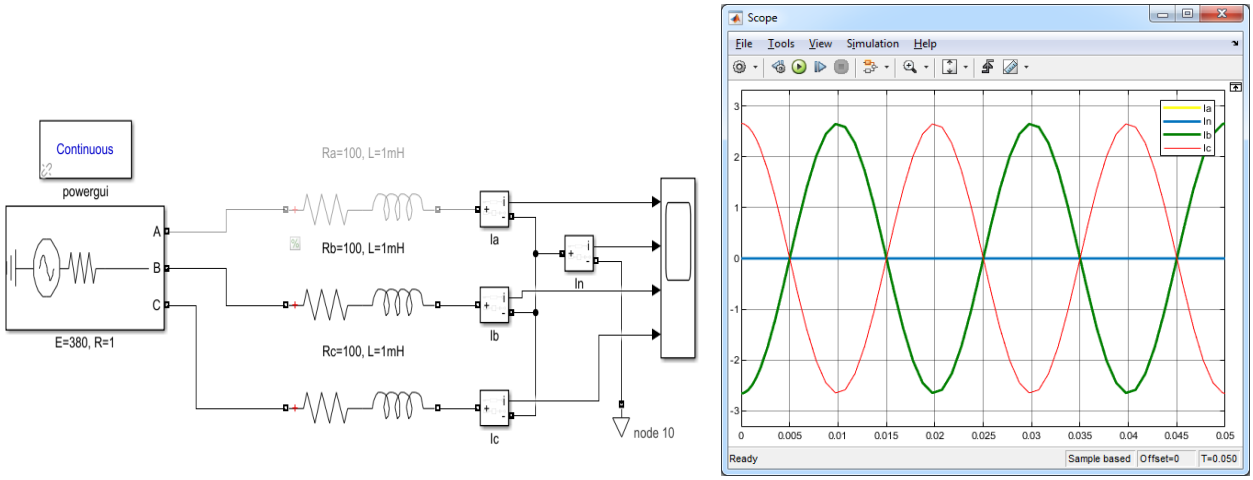


Рис. 13. Моделирование трехфазной цепи

Обсуждение. Построение моделей предполагает определенную инвариантность. Схемы переменного тока (рис. 6, 7, 9) могут быть реализованы более компактно – если сопротивления ветвей представлены одним элементом (*Series RLC Branch* позволяет одновременно включать активное сопротивление, индуктивность и емкость). Схемы представлены в виде, ориентированном на учебный процесс.

В [2] для расчета параметров установившегося режима используются матричные формулы. Это не приводит к изменению результата или хода решения – речь идет лишь об иной форме записи СЛАУ (1), (2).

Применение специализированного программного обеспечения для электроэнергетики (прежде всего, комплекс RastrWin [8]) для моделирования цепей не представляется возможным. Эти программы ориентированы на особенности использования инженерных методик для промышленных объектов – нагрузка задается мощностью, что приводит к необходимости применения итерационных методов расчета. Хотя у RastrWin, как у отечественного программного обеспечения, есть преимущества в доступности – академическая лицензия (позволяет рассчитывать режимы для схем до 60 узлов без ограничения функциональных возможностей) распространяется свободно и является бесплатной. А в целом поиск альтернативного отечественного ПО является отдельной (и, зачастую, более сложной) задачей.

Использование элемента *Breaker* (рекомендуется в разработках для моделирования энергосистем – [9]) для коммутации цепей невозможно, т.к. в этом случае изменение состояния элемента осуществляется исключительно при равенстве параметра управления (в рассматриваемом примере – сила тока) нулю. Для режимов цепей постоянного тока подобное реализовать нельзя (мгновенное значение тока не всегда может принимать нулевое значение).

Устойчивость переходного процесса традиционно оценивают по алгебраическим критериям (прежде всего – Гурвица и Рауса). Их применение вызвано тем, что решение характеристического уравнения может быть трудоемким или отсутствовать в области действительных чисел. Matlab позволяет получить ре-

шение в явном виде (рис.9). Для получения области устойчивости могут быть использованы критерии Найквиста и Никольса (есть соответствующие функции и интерфейс пользователя).

В [10] переходный процесс моделируется решением дифференциальных уравнений с помощью математических методов Simulink. В этом случае реализовано не визуальное, а имитационное моделирование. В [11] подобная задача решена написанием программного кода (скрипт). Это соответствует инструментальному моделированию. Различные подходы вполне корректны – результат различных видов математического моделирования должен быть тождественен. Выбор в пользу визуального моделирования обусловлен наглядностью моделей и ориентацией на использование в учебном процессе.

В широком смысле прямое решение дифференциальных уравнений для мгновенных значений параметров режима представляет собой другое направление. В этом случае, например, система (2) преобразуется к виду (согласно [1] – дифференциальная форма записи):

$$\begin{cases} i_1 - i_2 - i_3 = 0 \\ \dfrac{1}{C_1}\int i_1 dt + L_1 \dfrac{di_1}{dt} + \dfrac{1}{C_2}\int i_2 dt + L_2 \dfrac{di_2}{dt} = e_1 - e_2 + e_3 \\ i_3 R_3 - \dfrac{1}{C_2}\int i_2 dt - L_2 \dfrac{di_2}{dt} = e_2 - e_3 \end{cases}$$

И эта модель более строгая для реальных объектов энергетики – в этом случае индуктивность является постоянной величиной, в то время как индуктивность меняется в зависимости от частоты питающего напряжения или частоты вращения роторов генераторов или двигателей. Задача в такой форме постановки для частного случая решена в [12], функции решения ДУ приведены в [13, с. 15-16]. При этом возможно преобразование уравнений аппроксимацией решения алгебраическими полиномами для ускорения расчета [14].

Заключение. Таким образом, выполнено математическое моделирование режимов электрических цепей. Корректность моделей подтверждается соответствием результатов стандартным методикам, известным теоретическим положениям и общей топологии цепей. Результаты работы внедрены в лабораторный практикум для дисциплин теоретических основ электротехники [15]. Конкретная реализация зависит от места дисциплины в образовательном процессе. Так дисциплины, нацеленные на изучение информационных технологий, должны в большей степени уделять внимание функциям программного обеспечения (в этом случае предпочтителен расчет разработкой программного кода); для использования программного обеспечения – схемотехнике (в большей мере внимание должно уделяться принципам формирования и построению модели); для профессионального блока дисциплин – анализу результатов при вариации расчетных условий (представляется рациональным использование готовой модели Simulink).

Продолжение работы представляется в разработке аналогичных моделей для объектов силовой энергетики (электрические машины, устройства релейной защиты и автоматики). Это, прежде всего, актуально для синхронных генераторов. Моделирование позволит повысить точность модели (для ДУ первого порядка можно говорить лишь о качественной оценке устойчивости) или избавиться от трудоемких расчетов (системы 4-го порядка являются громоздкими, а линеаризация уравнений приводит к чрезмерному запасу – рассматривается наиболее тяжелый режим).

Список источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: Гардарики, 2006. – 638 с.

2. Веников В.А. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики: Учебник для студентов ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1981. – 288 с.

3. Нижегородцев А.Б. Расчет электрических цепей в Matlab: Учебный курс. – Спб.: Питер, 2004. – 250 с.

4. Ашанин В.Н., Горячев В.А., Кочеткова Г.Ю. Линейные электрические цепи: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2008. – 36 с.

5. Регеда В.В., Регеда О.Н. Использование пакета MathCAD в инженерных расчетах: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2007. – 80 с.

6. Официальный сайт ОмГТУ. Вебинар «Исследование электрических цепей». [Электронный ресурс]. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=XyK-CMoKqGg (дата обращения: 28.12.2021).

7. Бессонов Л.А., Демидова И.Г., Заруди М.Е. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Учебное пособие для энергетических и приборостроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 544 с.

8. ОАО «НИПТ». Официальный сайт. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.rastrwin.ru/index.php (24.02.2023).

9. Лурье М.С., Лурье О.М. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники. Для студентов всех форм обучения... – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 138 с.

10. Ионова Л.Г., Исаев А.С. Приложение аппарата дифференциального исчисления к моделированию режимов электрических цепей. Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов / Сборник материалов VII межд. научн.-практ. конф., Москва, 21 января 2022 г. – Москва: ООО «ИРОК», 2022 – с. 148-156.

11. Королев В.И., Сахаров В.В., Шергина О.В. Компьютерное моделирование переходных процессов в электрических цепях и системах. Учебное пособие. – СПб.: СПГУВК, 2004. – 164 с.

12. Воронцов К.К. Анализ переходных процессов в цепях первого порядка

в среде Matlab // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник». – №5, 2022.

13. Фриск В.В., Ганин В.И., Степанова А.Г. Компьютерный анализ переходных процессов в электрических цепях с помощью MATLAB. Учебно-методическое пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2019. – 42 с.

14. Тиховод С.М., Корнус Т.М., Паталах Д.Г. Метод ускоренного численного расчета переходных процессов в электрических цепях на основе аппроксимации решения алгебраическими полиномами. – Электротехника и электроэнергетика. – №2, 2015. – с.48-54.

15. Исаев А.С., Пряхина Н.А. Проблемы изучения информационных технологий студентами технических специальностей. Психолого-педагогические исследования – Тульскому региону: материалы Регион. науч.-практ. конф. магистрантов, аспирантов, стажеров (Тула, 18 мая 2022 г.). – Чебоксары: ИД «Среда», 2022. – с. 59-66.

© А.С. Исаев, 2023

УДК 641.1

ГЛАВА 7. НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ

Фединишина Екатерина Юрьевна
к.т.н., доцент
Москвичева Елена Владимировна
к.т.н., доцент
Москвичев Александр Сергеевич
к.т.н., доцент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: в работе определены функциональные и технологические возможности пароконвекционных печей. Разработаны комбинированные способы обработки полуфабрикатов из мяса птицы и исследовано влияние пароконвекционного метода нагрева на их пищевую ценность. Определены масса сухого вещества, белка, жира, аминокислотный состав полуфабрикатов из мяса птицы, обжаренных в пароконвектомате и в жарочном шкафу. Установлено, что по сравнению с традиционным обжариванием термическая обработка мяса птицы в паро-конвекционной печи позволяет повысить пищевую ценность готовой продукции.
Ключевые слова: пароконвектомат, мясо птицы, тепловая обработка, кулинарная продукция, пищевая ценность

SCIENTIFIC ASPECTS OF APPLICATION HIGH-TECH THERMAL EQUIPMENT IN THE FOOD INDUSTRY

Fedinishina Ekaterina Yurievna,
Moskvicheva Elena Vladimirovna,
Moskvichev Alexander Sergeevich

Abstract: The paper defines the functional and technological capabilities of steam-convection ovens. The influence of steam-convection method of heating on chemical composition and food value of poultry meat has been investigated. The level of dry matter, protein, fat, amino-acid composition of leg quarters fried in a steam convection device and in a traditional stove was determined. It was found that as compared to traditional frying, the heat treatment of poultry meat in a steam-convection oven allows to increase food value of final products.
Keywords: steam-convection oven, poultry meat, heat treatment, culinary products, nutritional value.

Основная масса сырья животного происхождения при использовании его на пищевых производствах подвергается термической обработке, которая оказывает существенное влияние на качество готовой продукции. От вида и параметров нагревания, продолжительности процесса зависят санитарная безопасность, технологические параметры, пищевая ценность.

Качество кулинарной продукции и его стабильность, а следовательно экономическая эффективность производства, во многом определяются уровнем управляемости технологическим процессом, который в свою очередь, зависит от технико-эксплуатационных параметров оборудования и его технологических характеристик.

Практика показывает, что на отечественных пищевых производствах и в индустрии питания востребованы и активно используются пароконвекционные печи (пароконвектоматы). Это универсальное высокотехнологичное многофункциональное тепловое оборудование с высокой степенью автоматизации, возможностью программирования технологического процесса. Пароконвектоматы предоставляют возможность задавать и контролировать температуру, влажность, скорость движения воздуха в рабочей камере, время тепловой обработки, что позволяет поднять технологический процесс на новый уровень, обеспечить безопасность и стабильность качества готовой продукции.

Известно, что технологические и термические параметры обработки сырья в пароконвектомате отличаются от традиционных. Для повышения эффективности производства необходимо вносить коррективы в рецептуры и технологию кулинарных изделий. Разработанные производителями рекомендации, как правило, носят общий характер и не всегда подходят для отечественного сырья. Несмотря на активное использование пароконвекционного оборудования до сих пор научно обоснованных данных по его влиянию на технологический процесс недостаточно. В связи с изложенным, исследование, направленное на обоснование технологии приготовления кулинарной продукции в пароконвектомате, является актуальным.

Целью данной работы является определение оптимальных технологических параметров производства кулинарной продукции массового спроса с применением пароконвекционного оборудования и их научное обоснование. Для достижения цели решались следующие задачи: анализ и обобщение технологических возможностей пароконвектоматов; исследование влияния термической обработки с применением пароконвектомата на технологические параметры и пищевую ценность продуктов животного происхождения; разработка рекомендаций по производству кулинарной продукции в пароконвектомате.

В работе представлены оптимальные режимы тепловой обработки кулинарной продукции из животного отечественного сырья в пароконвектомате, позволяющие интенсифицировать технологические процессы, повысить уровень управляемости ими, обеспечить экономическую эффективность производства.

Функциональные возможности пароконвекционных печей (пароконвектоматов). В настоящее время в России представлен широкий модельный ряд пароконвектоматов различных производителей, имеющих разные функциональные возможности. На основе анализа технических описаний наиболее популярных моделей разработана авторская классификация пароконвектоматов [1]. Пароконвектоматы предложено классифицировать по следующим признакам: источник нагрева; способ производства и подачи пара; производительность; способ управления; функциональные возможности.

По источнику нагрева различают пароконвектоматы электрические и газовые. По способу производства и подачи пара пароконвектоматы делят на инжекторные и бойлерные. В первом случае впрыск воды производится на турбину, расположенную внутри рабочей камеры. При температуре не менее 100°С вода испаряется, образуя пар. Во втором случае для образования пара используется парогенератор (бойлер), из него пар поступает в рабочую камеру независимо от температуры внутри нее. Это расширяет возможности аппарата по приготовлению блюд.

Производительность пароконвектоматов, как правило, зависит от количества уровней в рабочей камере, на которых одновременно можно разместить гастроемкости. Распространены пароконвектоматы на 6, 10, 20 уровней. В зависимости от модели возможна загрузка гастроемкостей продольная или поперечная. Управление пароконвектоматами бывает электромеханическое и электронное.

Несмотря на все многообразие определяющими при выборе модели являются функциональные возможности пароконвектоматов (режим тепловой обработки) [2, 3]. Как минимум современные модели имеют режимы: варка на пару («пар»); конвекционная жарка («жар»); комбинированный паро-конвекционный режим («комби-режим»). Дополнительные режимы: варка на пару при пониженной температуре (60 – 90 ^{o}С – «щадящий режим»); варка на пару при повышенной температуре (до 130 ^{o}С); термостатирование; разогрев порционированных блюд («регенерация»). Влажность может быть задана производителем для каждого режима («фиксированая» влажность) или возможен пошаговый контроль влажности от 5 до 95 – 100 % («регулируемая» влажность).

К наиболее часто встречающимся дополнительным функциям можно отнести систему «климат – контроля», систему самодиагностики, наличие температурного датчика «термощупа», функцию «Δ Т», функцию отложенного программирования, функцию быстрого охлаждения рабочей камеры, систему принудительной вентиляции рабочей камеры, наличие «автореверса» и возможности регулирования скорости вращения вентилятора, систему автоматической очистки, наличие встроенного ручного душа и др.

Дополнительные функции рекомендуется подбирать под нужды конкретного производства. Так, регулирование скорости вращения вентилятора (от двух до пяти скоростей) позволяет подбирать режимы тепловой обработки для нежных десертов, некоторых видов мучных кондитерских изделий (заварное

тесто, бисквит и т.д.). Опция быстрого охлаждения рабочей камеры дает возможность быстро снизить температуру в камере или охладить готовые изделия.

В моделях пароконвектоматов с программным обеспечением число программ колеблется от 50 до 300 (включая пошаговое приготовление), в памяти имеются рецептотеки.

По эксплуатационным параметрам и технологическим возможностям все пароконвектоматы условно делят на группы: простые модели с минимальным набором функций бойлерного типа на 6 – 10 уровней и сравнительно низкой стоимостью; инжекторные модели на 6, 10, иногда 20 уровней с наличием дополнительных режимов, пошаговым регулированием влажности, возможностью программирования; эргономичные модели с высоким уровнем автоматизации управления, что позволяет получать продукцию с постоянным качеством независимо от квалификации персонала. Несмотря на популярность пароконвектоматов среди практиков в отечественной литературе до сих пор недостаточно исследовательских работ, посвященных термической обработке сырья в пароконвектоматах, отсутствуют универсальные научно обоснованные рекомендации их применения в индустрии питания.

Технологические возможности пароконвектоматов. Пароконвектоматы универсальны и высокотехнологичны, могут заменить большую часть теплового оборудования на производстве: электроплиту, конвекционную печь, жарочный шкаф, электросковороду, пищеварочный котел, фритюрницу и др. Позволяют обрабатывать сырье в следующих режимах: варка на пару; варка при низких температурах; варка в режиме перегретого пара; конвекционная жарка; комбинированный паро-конвекционный режим (комби - режим). Пароконвектоматы так же применяют для бланширования; размораживания, разогрева (регенерации) блюд.

Проводимые в течение ряда лет исследования показали, что применение пароконвектомата для тепловой обработки частично приводит к изменению технологии и рецептурного состава кулинарной продукции (сокращение использование жира). Так, в пароконвектоматах используют сплошные, перфорированные или сетчатые гастроемкости различной высотой бортика, решетки и прочий инвентарь, правильный побор которого существенно влияет на качество готовой продукции. К примеру, высота бортика влияет на степень пропекания теста. При варке овощей рекомендуется использовать перфорированные гастроемкости, а овощи нарезать кубиками или соломкой. Яйца для салатов варят без скорлупы в гастроемкостях с высокими бортами. При варке каш в гастроемкость добавляют крупу, воду, молоко или бульон (соотношение крупы и жидкости уменьшается по сравнению с традиционной варкой и зависит от модели оборудования, вида крупы и температуры в рабочей камере).

Режим «конвекционная жарка» используется для приготовления порционных полуфабрикатов из мяса, птицы, рыбы. Этот режим используют также для запекания блюд и выпечки изделий из теста. Производители рекомендуют устанавливать температуру в рабочей камере на 25 – 30 ^{o}C ниже, чем в обыч-

ном жарочном шкафу, использовать сплошные гастроемкости с невысокими бортами. Гастроемкости смазывают жиром с помощью кисточки, раскладывают полуфабрикаты на некотором расстоянии друг от друга и также смазывают их сверху жиром.

Для приготовления крупных кусков мяса, птицы целиком, изделий из дрожжевого теста рекомендуется паро-конвекционный режим, обеспечивающий равномерный прогрев сырья и предотвращающий их подсыхание. Для более точного контроля над процессом жарки используют термощуп. Регенерацию блюд осуществляют непосредственно в тарелках при температуре 120 – 140 ^{o}C и влажности 40 – 60 % в течение пяти минут. Соус на тарелку подливают после разогрева блюда.

В пароконвектомате возможно одновременное приготовление разных продуктов, если режим их тепловой обработки совпадает, при этом практически не происходит переноса запаха. Например, в режиме «варка на пару» можно одновременно готовить овощи, яйца, рыбу, куриное филе, разместив их на разных уровнях. Время тепловой обработки у каждого продукта будет свое.

Из практики и ряда исследований известно, что тепловая обработка в пароконвектомате позволяет снизить потери массы кулинарной продукции. Однако, научно обоснованные нормы потерь массы при тепловой обработке в пароконвектомате отсутствуют и как правило, определяются на производствах контрольной проработкой.

В литературе недостаточно сведений по производству продукции массового спроса из отечественного пищевого сырья. В связи с этим возникает необходимость в обосновании параметров тепловой обработки в пароконвектомате и систематизации рекомендаций по приготовлению традиционных для отечественной индустрии блюд массового спроса.

Обоснование выбора объектов исследований. В последние годы мясо птицы занимает значительное место в рационе питания подавляющей части населения РФ, что обусловлено его доступностью и разнообразием. На отечественном рынке представлены различные виды мяса птицы: курица, индейка, мясо уток и гусей, перепела и т.д. Химический состав мяса некоторых видов сельскохозяйственной птицы приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав мяса птицы 1 категории упитанности [4]

Вид птицы	Белки, %	Жиры, %	Вода, %	Зола, %
Курица	19,8	13,7	65,5	1,0
Индейка	19,9	19,1	60,0	1,0
Утки	13,0	37,0	49,4	0,6
Гусь	12,2	38,1	48,9	0,8

Из данных таблицы 1 видно, что мясо кур и индейки содержит больше белка, обладает меньшей жирностью, а следовательно, имеет более высокую

пищевую ценность. Белки мяса птицы являются полноценными, поскольку содержат все необходимые для организма аминокислоты, сбалансированные по составу. Причем белое мясо имеет более высокие показатели биологической ценности (КРАС, БЦ) по сравнению с красным мясом [4]. Необходимо также отметить, что мясо кур и индейки, по сравнению с другими видами мяса более доступно по цене.

Термическая обработка животного сырья играет важную роль в формировании качества готовой продукции, поскольку при его нагревании происходит ряд физико-химических изменений: размягчение ткани, изменение формы, объема, массы, цвета, пищевой ценности, структурно-механических характеристик, кроме того, формируется вкус и аромат.

Исследованиями, связанными с изучением влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов животного происхождения, в разные годы занимались отечественные ученые Соколов А.А., Романишина В.Н., Рогачев В., Грищенко И. и др. При нагревании в мясе происходит ряд изменений, в том числе денатурация мышечных белков; денатурация коллагена соединительной ткани; изменение аминокислотного состава; изменение липидов. Установлено, что характер изменений мяса при нагревании зависит от его вида, возраста, условий термообработки [5, 6]. Существенное влияние на качество мясопродуктов оказывают параметры тепловой обработки (температура среды, продолжительность нагрева) [7, 8]. В процессе тепловой обработки несколько снижается биологическая ценность белков мяса за счет разрушения части аминокислот. Характер и интенсивность изменений зависит от вида аминокислоты, температуры нагрева и его продолжительности. Тепловая обработка мяса всегда сопровождается потерями массы вследствие денатурации и постденатурационных изменений белков, испарения, диффузионного перемещения влаги с поверхности мяса, вытапливания жира. Изучением этого вопроса занимались многие отечественные и зарубежные ученые [9, 6]. При тепловой обработке мясопродуктов значительное влияние на величину потерь оказывают такие факторы, как температура и продолжительность технологического процесса. Как правило, чем выше температура, тем больше потери массы.

Характер физико-химических изменений при тепловой кулинарной обработке в мясе птицы, в целом аналогичен изменениям мяса крупного рогатого скота. Некоторые различия обусловлены особенностями химического состава и морфологическим строением мяса птицы. Так, в красном мясе кур потери массы при нагревании больше, чем в белом мясе. Кроме того, при жарке жирной птицы вытапливается значительное количество жира (до 60 %) [10, 11].

Таким образом, мясо кур и индейки отечественного производства является перспективным продуктом питания и может быть рассмотрено в качестве объекта исследования. Поскольку характер происходящих в мясе изменений во многом зависит от способа и режима тепловой обработки необходим поиск баланса между температурным воздействием на мясо и изменением его пищевой ценности.

Для исследований выбран пароконвектомат Abat ПКА6-1/1ВМ2 отечественного производства инжекторного типа на 6 уровней. Как показывает практика, именно модели с такими характеристиками наиболее востребованы в предприятиях индустрии питания.

Обоснование оптимальных режимов и параметров тепловой обработки кулинарной продукции животного происхождения в пароконвектомате. В инструкциях для пользователей пароконвектоматами, как правило, сделаны акценты на комбинированный вид тепловой обработки (пароконвекционный режим). В работах отечественных ученых также отмечен положительный эффект использования комбинированного и ступенчатого видов нагрева на качество готовой продукции из мяса [7, 12, 13].

При создании инновационного комбинированного способа тепловой обработки, как правило, исходят из четких представлений о свойствах обрабатываемого пищевого сырья, физико-химических изменениях в нем при нагревании. Также учитываются достоинства и недостатки способов, взятых за основу. Основной задачей совершенствования комбинированного нагрева является выявление и сохранение положительных характеристик базового способа (или способов), и соответственно, снижение отрицательных. Оптимальное сочетание двух или более методов позволяет достичь наилучших результатов.

Научно обоснованной классификации комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов в настоящее время не нет. Наиболее часто для термообработки сырья животного происхождения используют комбинирование различных режимов (температура нагрева, продолжительность обработки, температура и время термостатирования, давление или вакуум и т.д.) в одном способе обработки; ступенчатый нагрев; комбинирование традиционных и инновационных способов обработки (например, обжаривание в жире с предварительной обработкой в СВЧ - поле); комбинирование двух инновационных способов обработки (СВЧ и ИК - нагрев) в определенной последовательности воздействия на сырье. Большинство исследований в области синтеза традиционных и новых способов термической обработки показывает положительное влияние таких комбинаций на процесс приготовления кулинарной продукции. Среди преимуществ комбинированных методов перед традиционными отмечают интенсификацию процесса (в 1,5 – 4 раза), повышение выхода изделий (до 35 %), высокие органолептические показатели и сохранность биологически ценных пищевых веществ в готовой продукции.

Как отмечено выше, функциональной особенностью пароконвектоматов является наличие комбинированного пароконвекционного режима. Так же возможно использовать ступенчатые режимы, последовательно чередуя несколько режимов. На основе ряда проработок определены оптимальные параметры тепловой обработки изделий из мяса птицы в пароконвектомате Abat и технологические параметры готовой продукции (Таблица 2).

Таблица 2

Параметры тепловой обработки изделий из мяса птицы в пароконвектомате Abat

Вид кулинарной продукции	Вид тепловой обработки	Параметры тепловой обработки			Потери массы, % к массе сырья	Органолептическая оценка, баллы
		температура, °С	влажность, %	Средняя продолжительность нагрева, мин.		
куриные окорочка жаренные	ступенчатый режим 1: 1. варка на пару 2.паро-конвекционный режим 3.конвекционная жарка	 100 160 250	 100 30 -	 3 15 5	23	4,8
филе индейки (порционный полуфабрикат)	ступенчатый режим 2: 1.паро-конвекционный режим при низких температурах 2.конвекционная жарка	 110 220	 70 -	 15 7	20	4,9
рубленые изделия из мяса кур, индейки	паро-конвекционный режим	180	40	10-14	20	4,6

Авторами предложен ступенчатый (постадийный) режим тепловой обработки полуфабрикатов из натурального мяса птицы в двух вариантах. Режимы тепловой обработки отрабатывались при минимальной и максимальной загрузке аппаратов (соответственно: одна гастроемкость или шесть гастроемкостей). Для проведения эксперимента отобраны наиболее характерные изделия из мяса птицы. Основными критериями готовности кулинарной продукции являлись органолептические показатели и температура в центре изделий (80 °С).

Для мясных рубленых изделий оптимальным режимом тепловой обработки оказался паро-конвекционный. Для жарки куриных окорочков и филе индейки рекомендован трех и двухступенчатый режимы соответственно.

Рекомендована следующая последовательность операций: противни с невысокими бортами смазать жиром; полуфабрикаты раскладывают на небольшом расстоянии друг от друга. Поверхность полуфабрикатов сбрызгивают жиром. Загружают противни в разогретую рабочую камеру (температура разогрева на 20 °С выше требуемой. В центр одного из полуфабрикатов устанавливают термощуп для контроля температуры. При достижении 80 °С изделия выгружают и направляют на реализацию. При такой технологии расход жира в этом случае снижается по сравнению со Сборником технологических нормативов до

50 %. Время приготовления полуфабрикатов из рубленого мяса и птицы по сравнению с традиционной жаркой сокращается на 5 – 10 %, выход увеличивается до 30 %. На продолжительность тепловой обработки и величину потерь массы кулинарных изделий из разных видов мяса оказывает влияние интенсивность загрузки аппарата. Как правило, при максимальной загрузке продолжительность тепловой обработки увеличивается до 25 %, потери массы готовых изделий возрастают на 20 – 30 %.

В ходе исследований установлено, что кулинарная продукция из мяса птицы, приготовленная в пароконвектомате, имеет хорошие органолептические показатели, соответствующие требованиям к качеству, причем независимо от партии сырья и ее объема. местоположения изделий в рабочей камере. Однако необходимо отметить, что по сравнению с изделиями, жаренными традиционно на плите, продукция, жаренная в пароконвектомате, имеет менее поджаристую корочку, что обуславливает ее диетическую направленность.

Таким образом, для эффективного применения пароконвектомата для жарки изделий из мяса птицы необходимо вносить изменения в последовательность технологических операций, корректировать рецептурный состав традиционных блюд (снижение закладки жира для жарки).

Влияние тепловой обработки в пароконвектомате на пищевую и биологическую ценность продуктов животного происхождения на примере жареного мяса кур. Пищевая ценность мяса кур, подвергнутого разным вариантам тепловой обработки, представлена на рис. 1.

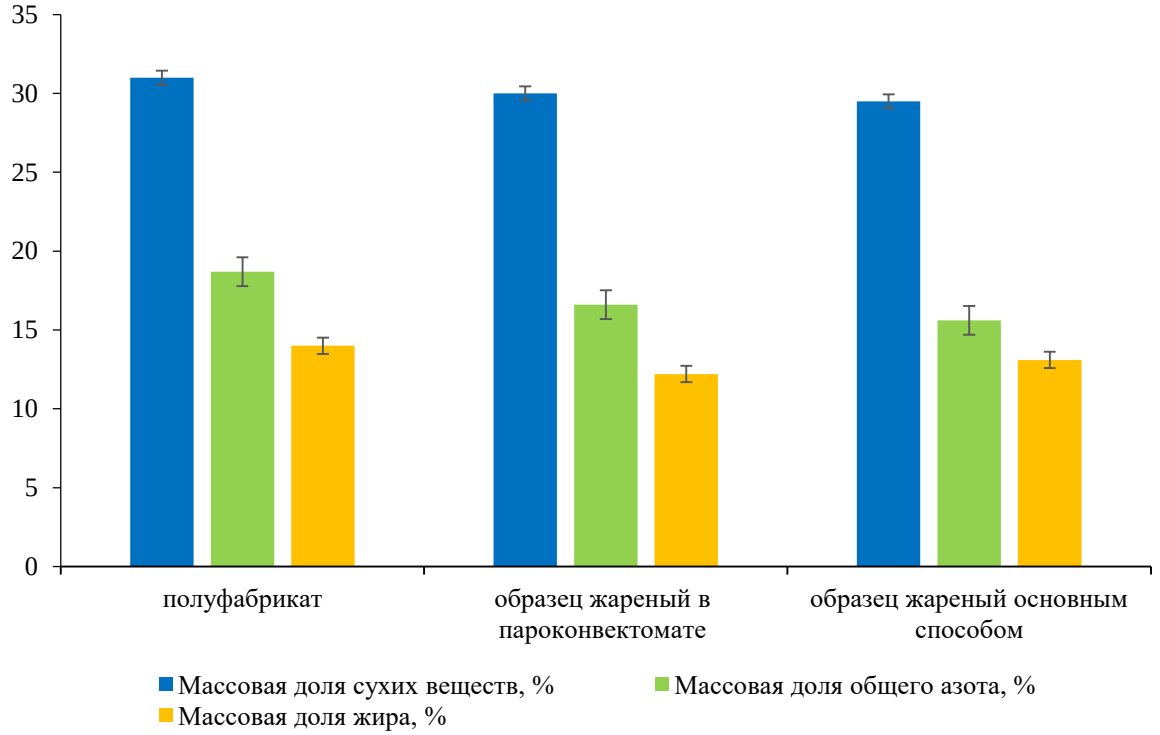


Рис. 1. Пищевая ценность жареных куриных окорочков (с учетом потерь при тепловой обработке)

Белки мяса птицы являются источником незаменимых аминокислот. Литературные данные свидетельствуют о том, что в процессе нагревания, независимо от способа проведения технологического процесса, происходит некоторое снижение общего количества аминокислот в белке, в том числе незаменимых [14, 15, 16].

Анализ данных показал, что тепловая обработка в пароконвектомате способствует увеличению концентрации белков в образцах. В связи с этим особый интерес представляет сравнительные исследования аминокислотного состава белков мяса птицы, приготовленного разными способами. Результаты исследования аминокислотного состава мяса кур, подвергнутого разным вариантам тепловой обработки, представлены в виде среднеарифметических значений трех серий опытов ($P \leq 0,05$) в таблице 3.

Таблица 3

Аминокислотный состав жареных куриных окорочков (с учетом потерь при тепловой обработке)

Аминокислота	Содержание, г /100 г белка		
	в сыром мясе кур	в образце, жареном	
		в пароконвектомате	основным способом
Изолейцин	3,74±0,19	3,72±0,19	3,65±0,18
Лейцин	6,41±0,32	6,32±0,32	6,15±0,31
Лизин	7,48±0,37	6,39±0,32	6,21±0,31
Метионин + цистин	3,21±0,16	3,12±0,15	3,41±0,17
Фенилаланин	5,88±0,29	5,90±0,30	5,76±0,29
Треонин	4,59±0,23	4,52±0,22	4,55±0,23
Валин	4,38±0,22	4,16±0,21	4,03±0,20
Сумма незаменимых аминокислот, % к белку	35,6±1,78	34,0±1,70	33,7±1,68
Аспарагин	2,10±0,10	1,80±0,09	1,80±0,09
Серин + глутамин	11,80±0,59	13,0±0,65	13,20±0,66
Глицин	4,30±0,21	4,40±0,22	4,30±0,21
Аспарагиновая кислота	12,90±0,64	12,10±0,60	11,30±0,56
Глутаминовая кислота	14,50±0,72	13,40±0,67	13,80±0,69
Аланин	3,80±0,19	3,80±0,19	3,70±0,18
Пролин	2,10±0,10	2,50±0,12	1,90±0,09
Сумма заменимых аминокислот, % к белку	51,20±2,56	50,30±2,51	49,90±2,50

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в процессе тепловой обработки, независимо от способа ведения технологического процесса, происходит некоторое снижение, как суммы незаменимых аминокислот, так и суммы заменимых аминокислот.

Данные таблицы 3 показывают, что во всех образцах наблюдается измене-

ние количественного соотношения аминокислот в белке. Так, максимальные потери при всех способах тепловой обработки приходятся на лизин (до 15 %). Однако, по сравнению с традиционной жаркой при обработке мяса птицы в пароконвектомате отмечена лучшая его сохранность. По всей вероятности, это объясняется менее интенсивной реакцией меланоидинообразования. Кроме лизина, наиболее чувствительными к влиянию температурного фактора оказались такие аминокислоты как метионин и цистин. По сравнению с белком сырого мяса кур в белке мяса птицы, подвергнутом нагреванию в пароконвектомате, содержание этих аминокислот снижается на 6 %, а в белке изделий, жаренных на плите, наоборот, увеличивается на 6 %. Это подтверждает литературные данные о том, что метионин и цистин подвержены большему разрушению при сравнительно невысоких температурах [17].

Таким образом, установлено, что правильный выбор режима тепловой обработки позволяет интенсифицировать процесс приготовления на 15 – 20 % по сравнению с традиционной жаркой. При тепловой обработке в пароконвектомате потери массы изделий из мяса кур ниже, чем при традиционной жарке (на 20 – 30 %). Образцы, приготовленные в пароконвектомате, имеют хорошие органолептические показатели. Однако отмечено, что у экспериментальных изделий менее поджаристая корочка. Проведенные исследования влияния режимов тепловой обработки в пароконвектомате на пищевую ценность мяса кур позволили сделать следующие выводы, что в процессе нагревания, независимо от режима тепловой обработки, происходит некоторое снижение количества аминокислот, в том числе незаменимых (в пределах 10 – 15 %). В то же время отмечена лучшая сохранность лизина, что объясняется менее интенсивной реакцией меланоидинообразования.

Полученные данные позволяют говорить о целесообразности применения пароконвекционного оборудования для производства кулинарной продукции диетической направленности.

Список источников

1. Куткина М., Фединишина Е., Иванов Е., Смирнов Д., Елисеева С. Пароконвектоматы требуют: знай, понимай и умей! Статья 1-я // Питание и общество. – 2006.– №4.– с. 24 – 26.

2. Дмитрячев И. Пароконвектомат: второй шеф на кухне. // Ресторанный бизнес. – 2003.– №8. – с. 24 – 26.

3. Куткина М.Н., Иванов Е.Л., Фединишина Е.Ю. Особенности тепловой обработки кулинарных изделий в пароконвектоматах. В межвуз. сб. научн. трудов «Научно-прикладные аспекты технологии продуктов и организации общественного питания». – СПб.: СПТЭИ, 2006 – с. 14 – 18.

4. Осминин О.С., Сулейманов С.М. Особенности гистоморфологического строения и пищевой ценности мяса цыплят-бройлеров. // Мясная индустрия. – 2003.– №7.– с. 43 – 45.

5. Грищенко И.Н. Влияние тепловой обработки на качество кулинарных изделий из охлажденного и замороженного мяса бройлеров-цыплят: автореф. дисс. … канд. техн. наук. – М., – 1979.– 20 с.

6. Соколов А.А., Романишина В.Н. О влиянии условий нагрева на качество мясных продуктов. // Мясная индустрия СССР. – 1979.- №5.– с. 34 – 35.

7. Вазагов В.М. Разработка и обоснование технологии жарения крупнокусковых мясных полуфабрикатов на предприятиях общественного питания: автореф. дисс. … канд. техн. наук. – М., 1977.– 20 с.

8. Медведева Л.Л., Фролова Г.Ф. Влияние тепловой обработки на потери пищевых веществ в диетических блюдах из рубленой массы. В сб.: Соверш. технол. диет. прод. на пром. основе. –СПб.: ЛИСТ, 1992. – с. 47 – 49.

9. Скурихин И.М. Об изменении пищевой ценности продуктов при тепловой кулинарной обработке. // Вопросы питания. – 1985.– №2.– с. 66 – 69.

10. Куткина, М. Н. Влияние пароконвекционного способа нагрева на пищевую ценность мяса птицы / М. Н. Куткина, Е. Ю. Фединишина // Мясная индустрия. – 2007. – № 4. – С. 44 – 48.

11. Баранец С. Ю. Влияние способов технологической обработки сырья животного происхождения на потребительские свойства готовой продукции / С. Ю. Баранец, М. С. Куракин, Н. Г. Костина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1(36). – С. 5 – 11.

12. Большаков А.С. Выбор оптимального режима тепловой обработки мяса и мясопродуктов. // Мясная индустрия СССР. –1976.– №10. – с. 34 – 37.

13. Титов, Д. В. Исследование и анализ структурно-механических свойств фаршевых кулинарных изделий, приготовленных в пароконвектомате / Д. В. Титов, Н. В. Долганова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 4(69). – С. 24 – 29.

14. Осипова, Ю. Н. Совершенствование технологических параметров ресурсосберегающей термической обработки мяса индейки в пароконвекционных аппаратах / Ю. Н. Осипова, Е. Ю. Фединишина // Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров : материалы VI Международной научно-практической конференции, Тюмень, 29 апреля 2016 года / В.Г. Попов (отв. ред.). – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 80 – 82.

15. Современные технологии при изготовлении продукции из мяса птицы / Е. В. Москвичева, Н. В. Барсукова, И. В. Угрюмов [и др.] // Мясная индустрия. – 2017. – № 7. – С. 34 – 37.

16. Беляева М.А. Математическое моделирование и исследование качественных и количественных изменений белков мяса при тепловой обработке. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003.-№6. – с. 56 – 57.

17. Мглинец А., Железняк К. Изменение биологической ценности белков говядины при жарке. // Вопросы питания. – 1980.– №3. – с.74.

УДК 366.64:664.782.8

ГЛАВА 8. УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МАРКИРОВКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ КАК ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ЭКСПЕРТИЗЫ

Кудинова Олеся Владимировна
к.б.н., доцент, доцент
Моисеева Анна Владиславовна
ассистент
ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»

Аннотация: обоснована целесообразность комплексного подхода к проведению экспертизы пищевых продуктов, первоначальным элементом которой является установление соблюдения требований нормативных документов к маркировке продукции. На основании результатов экспертных исследований установлено, что ни один из пяти образцов рисовой крупы не соответствует требованиям нормативной документации, предъявляемым к маркировке. В каждом из образцов выявлено от 1-го до 4-х нарушений, наиболее распространенными из которых являются отсутствие: информации о сорте риса; наименовании документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт; сведений о наличии ГМО.
Ключевые слова: маркировка, экспертиза, требования, нормативный документ, нарушение, крупа рисовая.

ESTABLISHING THE CONFORMITY OF FOOD LABELING WITH THE REQUIREMENTS OF REGULATORY DOCUMENTS AS AN INITIAL ELEMENT OF THE EXAMINATION

Kudinova Olesya Vladimirovna,
Moiseeva Anna Vladislavovna

Abstract: the expediency of an integrated approach to the examination of food products is substantiated, the initial element of which is to establish compliance with the requirements of regulatory documents for product labeling. Based on the results of expert studies, it was found that none of the five samples of rice cereals does not meet the requirements of regulatory documentation for labeling. In each of the samples, from 1 to 4 violations were detected, the most common of which are the

absence of: information about the rice variety; the name of the document according to which the product is manufactured and can be identified; information about the presence of GMOs.
Keywords: labeling, examination, requirements, regulatory document, violation, rice groats.

В соответствии с ГОСТ 17527-2020 «Упаковка. Термины и определения» [1] под маркировкой упаковки следует понимать информацию в виде знаков, надписей, пиктограмм, символов, наносимую на упаковку и/или сопроводительные документы для обеспечения идентификации, информирования потребителей. Технический регламент Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» устанавливает, что маркировка упаковки – это информация в виде надписей, знаков и символов, которая наносится на упаковку для обеспечения идентификации и информирования потребителей [2]. Как видно из определений, смысл их идентичен.

В статье 4 части 4.1 Технического регламента Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» установлены обязательные требования к маркировке упакованной пищевой продукции [3]. Так, маркировка упакованной пищевой продукции должна содержать следующую информацию:

1) наименование пищевой продукции;
2) состав пищевой продукции;
3) количество пищевой продукции;
4) дату изготовления пищевой продукции;
5) срок годности пищевой продукции;
6) условия хранения пищевой продукции, которые установлены изготовителем или предусмотрены техническими регламентами Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции;
7) наименование и место нахождения изготовителя пищевой продукции;
8) рекомендации и (или) ограничения по использованию;
9) показатели пищевой ценности пищевой продукции;
10) сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов;
11) единый знак обращения продукции на рынке государств – членов Таможенного союза.

Следует отметить, что большое значение отводится требованиям, предъявляемым к качеству нанесения маркировки на упаковку. Так, информация наносится любым удобным способом, но основополагающим требованием является четкость нанесения.

Сведения должны быть понятными и легко читаться (пункт 1 части 4.12 Технического регламента Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»: маркировка пищевой продукции должна быть понятной, легкочитаемой, достоверной и не вводить в заблуждение потребителей).

Средства нанесения информации, которые могут соприкасаться и контактировать с пищевым продуктом, не должны оказывать влияние на его качество.

Также данные средства должны быть направлены на обеспечение стойкости маркировки при хранении пищевых продуктов, их транспортировки и реализации.

К расположению информации на упаковке продовольственных товаров также имеются определенные требования. Сведения обязательно располагают на каждой единице потребительской упаковки в удобном для прочтения месте.

Обобщая вышесказанное, необходимо упомянуть Закон Российской Федерации от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 22.12.2020) «О защите прав потребителей», в котором пункт 1 статьи 10 гласит, что изготовитель обязан своевременно предоставлять потребителю необходимую и достоверную информацию о товарах, которая обеспечивала бы возможность их правильного выбора [4].

Таким образом, все требования, предъявляемые к маркировке, четко прописаны и закреплены в нормативной базе. Информация, изложенная на упаковке либо товаре, выполняет роль своеобразного идентификатора, источника достоверных и необходимых сведений, а в наши дни – дополнительного стимулятора к покупке. Тем не менее, на продовольственный рынок поступает большое количество фальсифицированной продукции, первым шагом в распознавании которой является анализ маркировочных данных товара.

В связи с вышеизложенным, необходимо осветить труды авторов, чьи исследования были посвящены выявлению нарушений в области маркировки пищевой продукции.

Так, О. Ю. Тихонова и Т. В. Котова [5] выявили целый ряд нарушений маркировки пищевой продукции, связанных с тем, что реклама от производителей занимает больше места на упаковке, чем сама маркировка; невозможностью разместить информацию о продукции в полном объеме на маленьком носителе; использованию мелкого шрифта; отсутствием контрастности текста и фона.

Исследования М В. Непарко, М. А. Шуликовой и Ю. С. Ефимовой [6] показали, что производитель выдает один товар за другой, используя при этом ассоциативный метод в его наименовании (например, потребители часто путают сливочное масло со спредом из-за названий). Кроме того, производители применяют красочные изображения в виде героев мультсериалов и «милых зверюшек», которые не имеют отношения к наименованию и составу продукции. На маркировке отсутствует предупреждение о наличии в продукции ингредиентов, которые могут нести аллергический характер (лактоза, арахис, яйца, горчица, злаки, кунжут, рыба и т.д.).

Л. А. Петровой [7] было установлено, что на маркировке колбасных изделий отсутствуют допустимые отклонения по массе пищевой продукции, а если и присутствуют, то они не соответствуют требуемым нормам.

Нарушения маркировки, связанные с повреждениями (царапины, вздутия) и сильными загрязнениями поверхности, наличием излишней и/или дублирующей информации выявили О. Ю. Тихонова, И. Ю. Резниченко и Н. Н. Зоркина [8].

О. В. Кудиновой и Л. В. Молокановой установлены нарушения маркировки спредов и маргаринов по ряду нормативно-правовых документов. Авторы определили, что производители масложировой продукции сознательно нару-

шают требования нормативной документации к маркировке недорогого сегмента пищевых жиров – спредов и маргаринов, затрудняя их идентификацию, и вводя в заблуждение потребителя [9].

Целью работы является установление соответствия маркировки пищевых продуктов (на примере крупы рисовой) требованиям нормативных документов.

Рисовая крупа является одной из наиболее весомых и распространенных продовольственных крупяных культур. В системе питания человека данная крупа занимает первоочередное место, поскольку характеризуется высоким уровнем содержания углеводов, усваиваемых белков, полезных жиров, а также значительным уровнем насыщения макро- и микроэлементов.

При исследовании маркировки рисовой крупы необходимо руководствоваться требованиями, которые изложены в следующих нормативных документах: ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» [3]; ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [10]; ГОСТ 6292-93 «Крупа рисовая. Технические условия» [11]; ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования» [12]; ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [13].

Основными требованиями, которые предъявляются к перечню информации в маркировке рисовой крупы, совпадают с изложенными выше.

Для исследований нами были отобраны пять образцов рисовой крупы различных торговых марок (рис. 1):

а) б) в) г) д)

Рис. 1. Фотоизображения исследуемых образцов рисовой крупы: а) образец № 1; б) образец № 2; в) образец № 3; г) образец № 4; д) образец № 5

– образец № 1: рис длиннозерный азиатский ТМ «Passim», ООО «Первая Крупяная Компания», РФ;

– образец № 2: рис Индика белый длиннозерный ТМ «Мистраль», ООО «Мистраль Трейдинг», РФ;

– образец № 3: рис длиннозерный ТМ «Настоящая хозяйка», ООО «Ресурс», РФ.

– образец № 4: рис длиннозерный ТМ «MAKFA», АО «МАКФА», РФ.

– образец № 5: рис длиннозерный ТМ «Ярмарка», ООО фирма «Торговый дом Ярмарка», РФ.

Была проанализирована полнота и правильность маркировки образцов крупы рисовой, нанесенной на упаковку, на соответствие требованиям нормативной документации.

Исследуемые образцы рисовой крупы упакованы механическим способом в варочные пакетики, которые непосредственно располагаются в картонной коробке, на которую нанесены маркировочные данные.

В маркировке каждого из пяти исследуемых образцов присутствует знак «рециклинг», он же «петля Мебиуса» (рис. 2).

Рис. 2. Международный символ переработки

У всех образцов, кроме № 2, указано буквенное обозначение «PAP» под петлей, и цифровой код «21» непосредственно внутри петли. Образец № 2 маркирован только буквенным обозначением «PAP» под самой петлей, без цифрового кода. Согласно Технического регламента Таможенного союза «О безопасности упаковки» [2] аббревиатура «PAP» с цифровым кодом «21» – это «другие виды картона».

Все образцы также маркированы знаками идентификации с аббревиатурой материала варочного пакета (табл. 1).

Таблица 1

Маркировочные данные варочных пакетов

Образец, №	Аббревиатура	Цифровой код	Материал
1	PP	5	полипропилен
2	HDPE	–	полиэтилен высокой плотности
3	HDPE	2	полиэтилен высокой плотности
4	HDPE	2	полиэтилен высокой плотности
5	LDPE	4	полиэтилен низкой плотности

Также упаковка каждого образца маркирована символом, обозначающим, что упаковка предназначена для контакта с пищевой продукцией и является безопасной для потребителя.

Таким образом, упаковочные материалы у всех образцов соответствуют требованиям, указанным в ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [2] и ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [12].

Характеристика маркировки исследуемых объектов представлена в табл. 2.

Установлено, что у всех образцов в маркировке указаны наименование продукции, полные данные о местонахождении изготовителя, торговая марка, масса нетто, состав продукта, пищевая и энергетическая ценность, дата изготовления, срок годности, номер партии или номер смены упаковывания, штрих-код, способ приготовления.

Единый знак обращения продукции на рынке государств – членов Таможенного союза присутствует на упаковках всех образцов, как и манипуляционные знаки и некоторая дополнительная информация.

Обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт, – это неотъемлемое условие маркировки пищевой продукции [3]. Как следует из таблицы, только один из пяти образцов изготовлен по ГОСТ 6292-93 «Крупа рисовая. Технические условия» (образец № 4, ТМ «MAKFA»). Образцы № 1 (ТМ «Passim») и № 3 (ТМ «Настоящая хозяйка») изготовлены по Техническим условиям.

У двух образцов (№ 2 ТМ «Мистраль» и № 5 ТМ «Ярмарка») на упаковке отсутствует указание на нормативный документ, согласно которому был изготовлен и идентифицируется продукт. Несмотря на то, что информация о документе, в соответствии с которым произведена и может быть идентифицирована пищевая продукция, согласно ТР ТС 022/2011 [3] относится к дополнительным сведениям, ее необходимо указывать на маркировке. Эти требования для круп прописаны в ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [13], и являются обязательными к исполнению.

Производители образцов риса № 2 (№ 2 ТМ «Мистраль») и № 5 (ТМ «Ярмарка») при указании условий хранения пищевой продукции ограничиваются формулировкой «хранить в сухом месте».

Немаловажной является информация о сорте продукции, которая представляет собой градацию ее определенного вида по одному или нескольким показателям качества, установленная нормативной документацией. Сорта рисовой крупы нормируются ГОСТ 6292-93, согласно которому данная крупа подразделяется на виды: рис шлифованный и рис дробленый шлифованный. Рис дробленый шлифованный на сорта не подразделяется. Рис шлифованный делится на пять товарных сортов: экстра; высший; первый; второй; третий. Согласно ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» в маркировке продукции в обязательном порядке должна присутствовать информация о сорте крупы.

Таблица 2

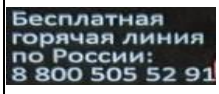
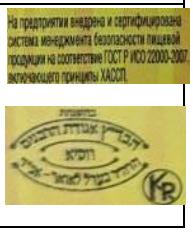
Параметры маркировки и их наличие на упаковке исследуемых образцов крупы рисовой

Параметры маркировки по ТР ТС 022/2011 и ГОСТ 26791-2018	Данные на маркировке конкретных образцов				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	2	3	4	5	6
Наименование пищевой продукции	Рис длиннозерный	Рис Индика белый длиннозерный	Рис длиннозерный	Рис длиннозерный	Рис длиннозерный
Торговая марка	«Passim»	«Мистраль»	«Настоящая хозяйка»	«MAKFA»	«Ярмарка»
Наименование и местонахождение изготовителя / импортера	ООО «Первая Крупяная Компания». Россия, Новосибир-ская обл., Новосибир-ский р-н, п. Элитный, ул. Липовая 10 / Импортер в Беларусь: ОДО «Петрокар» г. Минск, ул. Калинина 9	ООО «Мистраль Трейдинг». Россия, Московская обл., с/пос. Лаговское, вблизи д. Коледино. Юр. адрес: Россия, г. Москва, ул. Пудовкина, д. 4	ООО «Ресурс», Россия, Челябинская обл., п. Увельский, ул. Железно-до-рожная, д. 59.	АО «МАКФА», Россия, г. Москва, пер. Вспольный, д. 5, стр. 1, офис 1; Челябинская обл., Сосновский р-н, п. Рощино / Поставщик в Беларусь: ООО «Тибетрэй», г. Минск, ул. Уручская, д. 11а, оф. 43	ООО фирма «Торговый дом Ярмарка», Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, Пряжинское шоссе, 2 км / ООО «Донморепродукт ЛТД» ДНР, г. Донецк, ул. Ревякина 20
Состав пищевой продукции	Крупа рисовая. Рис шлифованный длиннозерный 100 % grade B	Крупа рисовая фасованная. Рис белый длиннозерный «Индика»	Рис длиннозер-ный шлифованный в пакетиках для варки	Крупа рисовая. Рис шлифованный длиннозерный	Крупа рисовая шлифованная
Показатели пищевой и энергетической ценности	В 100 г: 1485,1 кДж/354,7 ккал; жиры – 1,1 г (в том числе ненасыщенные 0,3 г);	В 100 г: 347 ккал/1474 кДж; белки – 6,8 г; жиры – 0,7 г; углеводы – 77,6 г; клетчатка –	В 100 г: 350 ккал/1470 кДж; белки – 8 г; жиры – 1 г; углеводы – 78 г	В 100 г: 333 ккал/1414– кДж; углеводы 74,0 г; белки – 7,0 г; жиры – 1,0 г	В 100 г: 360 ккал/1510 кДж; белки – 7 г; жиры – 1 г; углеводы – 80 г

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
	углеводы – 79 г (в том числе сахар 0,7 г); белки – 7,2 г	1,7 г; витамин B_6 – 0,265 мг; селен – 6,0 мкг			
Масса нетто	500 г (4 пакета по 125 г)	400 г	400 г (5 пакетиков по 80 г)	400 г (6 порционных пакетиков)	400 г (5 пакетиков по 80 г)
Сорт	не указан	не указан	не указан	1	высший
Дата изготовления пищевой продукции	07.2021	07.09.2021	07.2021	25.10.21	29.10.21
Срок годности пищевой продукции	01.2023	12 месяцев	12.2022	25.12.22	18 месяцев
Номер партии или номер смены упаковывания	Присутству-ет	Присутствует	Присутствует	Присутствует	Присутствует
Условия хранения пищевой продукции	Температура не выше 25 °С; влажность не более 70 %	Хранить в сухом месте	Хранить в сухом, хорошо вентилируемом, не зараженном вредителями хлебных запасов помещении при температуре не более 20 °С	Хранить в сухих, хорошо вентилируе-мых, не зараженных вредителями хлебных запасов помещениях с соблюдением санитарных норм	Хранить в сухом месте
Нормативная документация, согласно которой идентифици-руется продукт	ТУ 9294-008-50755643-2015	Данные отсутствуют	ТУ 9294-001-53860659-13	ГОСТ 6292-93 Крупа рисовая. Технические условия	Данные отсутству-ют
Рекомендации и (или) ограничения по использованию	Указан способ приготовления; с чем сочетается	Указан способ приготовле-ния; с чем сочетается	Указан способ приготовления	Указан способ приготовления	Указан способ приготовления
Сведения о наличии ГМО	Без ГМО	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют	Не содержит ГМО

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Штрих-код					
Единый знак обращения продукции на рынке государств – членов Таможенного союза					
Манипуляционные знаки					
Дополнительная информация			Отсутствует		

В маркировочных данных образца № 4 указан 1-й сорт, образца № 5 – высший сорт. У образцов № 1-3 отсутствуют данные о сорте крупы.

Рисовую крупу подразделяют на виды: рис шлифованный и рис дробленый, шлифованный. Образцы № 1, 3-5 маркированы как «рис шлифованный». У образца № 2 вид крупы не указан.

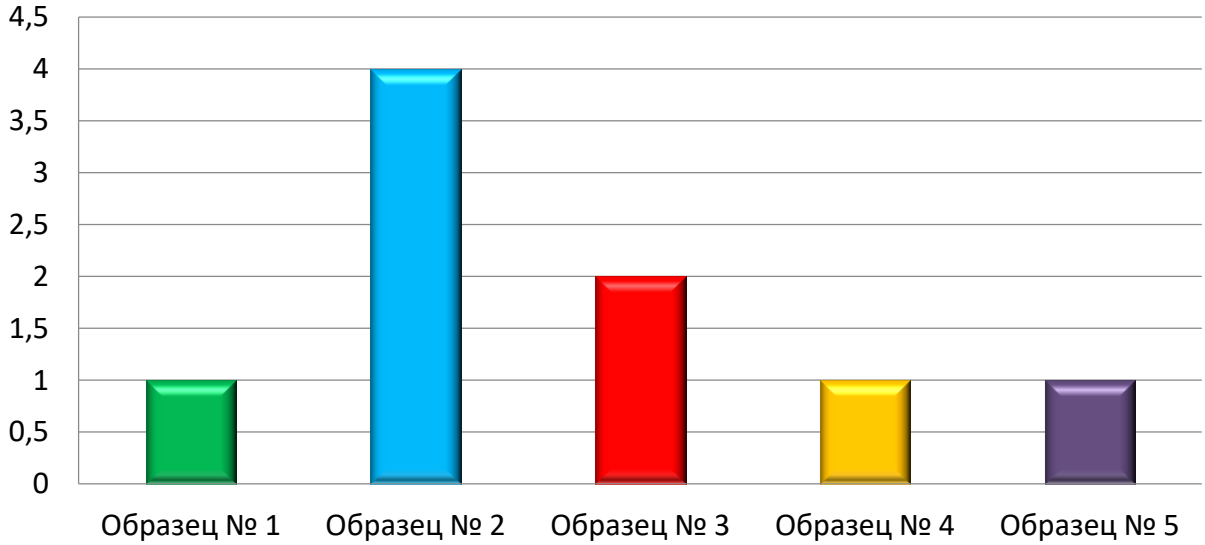


Рис. 2. Количество нарушений маркировочных данных на упаковке исследуемых образцов крупы рисовой

ТР ТС 022/2011 устанавливает обязательные требования к маркировке упакованной пищевой продукции в части сведений о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов (далее – ГМО). Маркировочные данные о наличии/отсутствии ГМО имеются только у образцов № 1 и № 5. У образцов № 2-4 такие данные на упаковке отсутствуют.

В результате анализа маркировки образцов рисовой крупы, установлено, что ни один из пяти образцов рисовой крупы не соответствует требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» и ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение». Установлено от 1-го до 4-х нарушений (рис. 2). Наибольшее количество нарушений имеет образец № 2.

Упаковочные материалы у всех образцов рисовой крупы соответствуют требованиям, указанным в ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [2] и ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение» [13].

Таким образом, анализ полноты и правильности маркировки исследуемых образцов крупы рисовой показал, что ни один из пяти образцов рисовой крупы не соответствует требованиям ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» и ГОСТ 26791-2018 «Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение». Установлено от 1-го до 4-х нарушений в каждом из образцов. Наибольшее количество нарушений имеет образец № 2. В маркировочных данных образца № 1 отсутствуют данные о сорте крупы. У образца № 2 отсутствуют информация о виде и сорте риса, наименование документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт, сведения о наличии ГМО. У образца № 3 отсутствует информация о сорте риса, сведения о наличии ГМО. У образца № 4 отсутствуют сведения о наличии ГМО. У образца № 5 не указан сорт и наименование документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать заключение, что производители рисовой крупы нарушают требования нормативной документации к маркировке круп, вводят в заблуждение потребителя. Так, не соблюдаются нормы Технического регламента Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» в части определения «маркировка упаковки»; нарушается статья 4 в части 4.1 Технического регламента Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» в отношении обязательных требований к маркировке упакованной пищевой продукции; пункт 1 части 4.12 ТР ТС 022/2011 (маркировка пищевой продукции вводит в заблуждение потребителей); пункт 1 статьи 10 Закона РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 22.12.2020) «О защите прав потребителей» (изготовитель не предоставляет потребителю достоверную информацию о товарах, которая обеспечивала бы возможность их правильного выбора).

Список источников

1. ГОСТ 17527-2020. Упаковка. Термины и определения. – Введ. 2021-06-01. – М.: Стандартинформ, 2021. – 23 с.

2. ТР ТС 005/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности упаковки [Электронный ресурс]. – Утв. 2011-08-16. – М.: Стандартинформ, 2011.

3. ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс]. – Утв. 2011-12-09. – М.: Стандартинформ, 2011.

4. О защите прав потребителей [Электронный ресурс] : закон Российской Федерации, принят постановлением Верховного Совета № 2300/1-1 от 17.02.1992 : действующая ред. по состоянию на 22 дек. 2020 // Электрон. фонд правовых и нормативно-техн. док. – Электрон. дан. – [Москва : 2021]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/9005388.

5. Тихонова О. Ю. Маркировка пищевой продукции как фактор обоснованного выбора / О. Ю. Тихонова, Т. В. Котова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 20-29.

6. Непарко М. В. Нарушения в оформлении маркировки пищевой продукции и способы их обнаружения / М. В. Непарко // Дневник науки. – 2019. – 4. – С. 48-53.

7. Петрова Л. А. Потребительская маркировка колбасных изделий / Л. А. Петрова // Вестник ОрелГИЭТ. – 2018. – № 1(43). – С. 112-117.

8. Тихонова О. Ю. Исследование потребительских предпочтений в отношении маркировки пищевых продуктов и оценка ее качества / О. Ю. Тихонова, И. Ю. Резниченко, Н. Н. Зоркина // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – №1. – С. 152-156.

9. Кудинова О. В. Проблемы идентификации и маркировки пищевых жиров / О. В. Кудинова, Л. В. Молоканова // Зеленый коридор. Наука и образование в таможенном деле: научно-практический журнал. – № 2 (16), 2021. – С. 105-110.

10. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] – Утв. 2011-12-09. – М.: Стандартинформ, 2011.

11. ГОСТ 6292-93. Крупа рисовая. Технические условия. – Введ. 1995-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 6 с.

12. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования. – Введ. 2005-07-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 28 с.

13. ГОСТ 26791-2018. Продукты переработки зерна. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. – Введ. 2019-09-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 7 с.

© О. В. Кудинова, А. В. Моисеева, 2023

УДК 331.45

ГЛАВА 9. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ТРАКТОРИСТОВ-МАШИНИСТОВ

Широков Юрий Александрович
д.т.н., профессор,
Борулько Вячеслав Григорьевич
д.т.н, зав. кафедрой,
МочуноваНаталья Александровна
к.т.н., доцент,
Бовина Юлия Анатольевна
к.т.н., доцент,
ФГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: описываются проблемы повышения эффективности оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов сельского хозяйства. Показан характер изменения рисков при компьютеризации машинно-тракторного агрегата. Риски увеличения числа аварий и несчастных случаев могут возрасти и на основе естественных биологических процессов, происходящих в организмах большинства людей после 60 лет, которые заметно теряют внимание, память, работоспособность и т.д. Снижение трудоспособности возрастных трактористов-машинистов может усугубляться наличием вредных производственных факторов на рабочем месте. В то же время из-за нарушений здоровья, которые уже накопились за многие годы работы в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях, при продолжающемся воздействии вредных производственных факторов, риски профессиональных заболеваний также могут возрасти. В результате менеджерам сельскохозяйственных предприятий необходимо скорректировать систему оценки профессиональных рисков.
Ключевые слова: сельское хозяйство, машинно-тракторный агрегат, тракторист-машинист, охрана труда, риски, возраст, несчастные случаи.

PROBLEMS OF IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF EVALUATION OCCUPATIONAL RISKS TRACTOR DRIVERS-MACHINISTS

Shirokov Yuri Alexandrovich,
Borulko Vyacheslav Grigorievich,
Mochunova Natalya Alexandrovna,
Bovina Yulia Anatolyevn

Abstract: the problems of increasing the efficiency of assessing the professional risks of tractor drivers-agricultural machinists are described. The nature of risk changes during computerization of the machine-tractor unit is shown. The risks of an increase in the number of accidents and accidents

may also increase on the basis of natural biological processes occurring in the organisms of most people after the age of 60, who noticeably lose attention, memory, performance, etc. The decrease in the working capacity of age-old tractor drivers may be aggravated by the presence of harmful production factors in the workplace. At the same time, due to health disorders that have already accumulated over many years of work in unfavorable sanitary and hygienic conditions, with continued exposure to harmful production factors, the risks of occupational diseases may also increase. As a result, managers of agricultural enterprises need to adjust the system of professional risk assessment.
Keywords: agriculture, machine-tractor unit, tractor driver, labor protection, risks, age, accidents.

Введение. Трудовой Кодекс Российской федерации установил, что каждый работодатель вне зависимости от формы собственности, размера предприятия и вида экономической деятельности должен провести процедуру оценки и управления профессиональными рисками как одни из основных элементов системы управления охраной труда предприятия. С 1 января 2020 г. официально вступил в силу новый порядок определения класса профессиональных рисков на предприятиях всех форм собственности. Это особенно актуально для предприятий сельского хозяйства и, прежде всего, трактористов машинистов [1,2].

Уровень общего травматизма в сельском хозяйстве является одним из самых высоких среди всех видов экономической деятельности и в последние годы превышает среднее значение по России в 1,5-1,7 раза. Причем на первом месте по частоте травматизма, в т.ч. со смертельным исходом, находятся трактористы-машинисты. То же самое и с профессиональными заболеваниями. Трактористы машинисты также на первом месте и в статистике профессиональной заболеваемости в сельском хозяйстве (48,8%).\

Профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний указанной категории работников должна основываться на глубоком исследовании и анализе его причин через усовершенствование имеющихся методов и способов вероятностной оценки риска наступления несчастных случаев с учетом характерных особенностей механизированных процессов в агропромышленном производстве [3, 4].

Вопросами снижения уровней профессиональных рисков, снижение уровня воздействия (устранение воздействия) на работников вредных и (или) опасных производственных факторов обязаны заниматься все руководитель аграрных предприятий, но лидирующая организационная роль принадлежит специалисту по охране труда. Данные меры необходимы, чтобы исключить или минимизировать риски на рабочем месте каждого работника. Это в обязательной мере касается и всех предприятий сельского хозяйства, и прежде всего оценки профессиональных рисков наиболее уязвимых категорий работников, е которым, как отмечено выше, прежде всего относятся трактористы-машинисты [2].

Мы являемся свидетелями сдвига парадигмы в сторону риск-ориентированного подхода в охране труда. 95% новых правил содержат указание на необходимость не только проведения оценки профессиональных рисков,

но и требования по применению их результатов.

Поэтому исследования механизма образования травмоопасных ситуаций, условий и обстоятельств, способствующих потери жизни и здоровья, изучение характера протекания событий, приводящих к опасностям при выполнении полевых технологических операций, и разработка на этой основе эффективных мер и технических средств безопасности, которые призваны снизить профессиональный риск трактористов-машинистов до приемлемого уровня, является актуальной научной задачей.

Оценка профессиональных рисков с 2020г. перешла из области теории в практическое действие. Теперь при выполнении требований новых правил по охране труда, работодатель не только должен провести оценку профессиональных рисков (это даже не обсуждается), а принять конкретные действия по применению ее результатов.

Цель исследований: выявление возможностей повышения эффективности оценки профессиональных рисков трактористов-машинистов сельского хозяйства с учётом изменений в условиях труда.

Материалы и методы.

Методической основой работы является изучение нормативно-правовых документов, содержащих требования и методы оценки профессиональных рисков, материалов исследований особенностей их применения при анализе профессиональных рисков трактористов- машинистов и использования при разработке систем управления охраной и безопасностью труда в сельскохозяйственных предприятиях.

При специальной оценке рабочих мест по условиям труда трактористов-машинистов самый высокий класс вредности отмечается по показателям «напряженность труда» из группы «эмоциональные нагрузки». Это происходит ввиду того, что водители сельскохозяйственного трактора несут ответственность за функциональное качество основной работы, влияющее на эффективность аграрного бизнеса (например, заглубление семян при посеве на 1 см глубже оптимального снижает урожайность почти на 10%.),

При внедрении совершенной техники следует ожидать появления и совершенно новых угроз для здоровья механизаторов.

Так, довольно часто у механизаторов начала встречаться простуда от кондиционера. Это связано с тем, что очень часто механизатору приходится покидать кабину, в которой температура 16 градусов и выходить в поле для регулировки, очистки рабочих органов, заправки опрыскивателей и т.п.. В полевых условиях температура на солнце может значительно превышать 35-40 градусов [5,6]. При возвращении в кабину трактора и происходит резкое переохлаждение организма с последующей болезнью. Течение подобной простуды очень сходное с обычным вирусным простудным заболеванием, но у него есть и свои особенности. Необходимо обязательно обучить механизаторов правилам пользования кондиционерами и контролировать использование кондиционеров, чтобы

не навредить своему здоровью и самочувствию.

При этом значительна вероятность и проявления такого заболевания. как легионеллез. Причиной данного заболевания являются также кондиционеры, в которых постоянно накапливается водный конденсат в смеси с органической пылью, которой в полевых условиях достаточно много, и в нем могут развиваться бактерии легионеллы. Выход- контроль за регулярной очисткой воздухопроводов кондиционера, своевременная замена фильтров, применение угольных и бактерицидных фильтров.

Так, рабочее положение механизаторов "сидя" сопровождается статической нагрузкой значительного количества мышц ног, плеч, шеи и рук, что очень утомительно. Мышцы находятся длительное время в сокращенном состоянии и не расслабляются, что ухудшает кровообращение. В результате возникают болевые ощущения в руках, шее, верхней части ног, спине и плечевых суставах. Кроме того, работа "сидя" приводит к снижению мышечной активности - гиподинамии. За неимением движений происходит снижение потребления кислорода тканями организма, замедляется обмен веществ. Это способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы. А это опять риск роста ошибок и несчастных случаев.

Вследствие динамической нагрузки на костно-мышечный аппарат кистей рук при управлении джойстиком возникают болевые ощущения различной силы в суставах и мышцах кистей рук; онемение и замедленная подвижность пальцев, судороги мышц кисти; ноющая боль в области запястья.

Длительная работа на компьютеризированном рабочем месте вызывает значительную нагрузку на все элементы зрительной системы и приводит к преждевременной усталости и переутомлению зрительного анализатора.

Большой вклад в нагрузку органов зрения вносит и монотонно вращающиеся перед глазами в течение многих часов лопасти мотовил уборочной техники, непрерывно "набегающие" виды вспаханной почвы или массы колосьев зерновых культур. Напряженная зрительная работа вызывает "глазные" (боль, изжога и резь в глазах, покраснение век и глаз, ломота в надбровной части и т.д.) и "зрительные" (пелена перед глазами, двоение предметов, мерцание, быстрая утомляемость во время зрительной работы) нарушения органов зрения, что может вызвать головную боль, усиление нервно-психического напряжения, снижение работоспособности. А ведь механизатор в периоды массовых работ (подготовка почвы, сев, уборка) вынужден работать не 8 часов, как офисные служащие, а по 10-12 часов. Поэтому для механизаторов перечисленные проблемы будут усугубляться.

В итоге такой характер работы будет обусловливать высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижать функциональную активность центральной нервной системы, приводить к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стресс.

Известно, что развитие утомления и переутомления ведет к нарушению

координации движений, зрительных расстройств, рассеянности, потере бдительности и контроля реальной ситуации. При этом работник нарушает требования технологических инструкций, допускает ошибки и несогласованности в работе: у него снижается чувство опасности.

Вследствие отмеченного, службам охраны труда сельскохозяйственных предприятий, использующих принципиально новые системы механизации, компьютерные и спутниковые технологии в полеводстве, необходимо учитывать и новые особенности производственных процессов, изменения характера труда и видов вредностей и опасностей. Должны быть разработаны и реализованы меры по предотвращению усталости, направленные на удаление во времени развития утомления, недопущения глубоких стадий утомления и переутомления механизаторов, ускорения восстановления сил и работоспособности.

Причем и при высоких технологиях земледелия нужно учитывать сезонность работ, что практически не дает возможности в отдельные периоды года придерживаться нормативной продолжительности рабочего дня. Значит, именно в эти периоды службы охраны труда, руководители полевых работ должны быть особенно активны и контролировать соблюдение работниками гигиенических требований, снижающих усталость и переутомление.

Для профилактики усталости механизаторов необходимо разработать и применять специфические методы, к которым можно отнести средства восстановления функционального состояния зрительного и опорно-двигательного аппарата, уменьшение гиподинамии, а также комплекс упражнений для глаз, рук и позвоночника для улучшения мозгового кровообращения.

Причины производственного травматизма и профзаболеваний механизаторов сельского хозяйства

Причины производственного травматизма и профзаболеваний механизаторов сельского хозяйства делятся на пять основных групп: личностные, организационные, экономические, технические, санитарно-гигиенические.

Снижение травматизма и профзаболеваний возможно только при устранении всех перечисленных причин и соблюдении всех требований правил охраны труда и требований по безопасному производству работ.

Несмотря на постепенное сокращение несчастных случаев среди механизаторов, наблюдаемое в последние годы, профессия тракториста-машиниста продолжает оставаться одной из самых травмоопасных в сельскохозяйственном секторе. Прежде всего, это определяется тем, что работа тракториста-машиниста связана с эксплуатацией мобильной сельскохозяйственной техники (тракторов, комбайнов и других самоходных сельскохозяйственных машин), которая по своей природе является источником опасности.

Эти технические средства производства используются совместно со многими сельскохозяйственными агрегатами для выполнения различных агротехнологических операций - предпосевной и послеуборочной обработки почвы, посева сельскохозяйственных культур, ухода, сбора урожая и так далее.

Естественно, что при эксплуатации этих технических средств производства возникает необходимость в их периодическом техническом обслуживании или ремонте даже тогда, когда могут произойти многочисленные несчастные случаи с персоналом. В частности, тракторный агрегат для технического обслуживания или ремонта (далее - МТА) неисправного гидравлического трактора может приводят к возникновению многих опасных ситуаций, последствия которых могут быть различной степени тяжести травматизма у тракториста-машиниста.

Возраст как фактор риска

В результате принятого в 2018 году Федерального закона "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам назначения и выплаты пенсий" доля работников старше 60 лет в транспортной системе страны увеличится.

Это нельзя игнорировать, поскольку увеличение доли работников возрастного возраста потенциально может привести к повышению риска несчастных случаев, проявлений профессиональных заболеваний и потребует серьезной работы по повышению безопасности и гигиены труда на как при выполнении полевых работ, так и при обслудивании и ремонте мащин. , Это определяет актуальность данной работы.

В последние годы многие аграрные предприятия довольно интенсивно применяют так называемые высокие технологии точного земледелия, которые минимизируют количество вносимых минеральных удобрений и ядохимикатов, за счет чего риски для механизаторов должны несколько сокращаться [7-9]

Для того чтобы разработать и внедрить эффективные меры по предотвращению травматизма, тракторист-водитель должен досконально изучить процессы зарождения, формирования и возникновения травматических ситуаций, для их качественного и количественного анализа и установления показателей профессионального риска во время технического обслуживания и ремонта машины. Существующие исследования по определению риска получения травм трактористом-машинистом при выполнении различных механизированных работ в сельском хозяйстве, включая техническое обслуживание и ремонт МТА затрудняет проведение глубокого анализа текущих травмирующих ситуаций, которые отрицательно влияют на разработку и внедрение соответствующих профилактических мер. Широко распространено мнение, что возраст и опыт совместно влияют на риск участия в аварии со стороны тракториста-машиниста [7,8].

Было установлено, что с увеличением водительского стажа происходит уменьшение количества аварий, но этот процесс происходит неравномерно. Чаще всего в дорожно-транспортные происшествия попадают водители со стажем до 2 лет и водители со стажем 5 ± 1 год. Но взаимосвязь между возрастом и аварийностью проявляется не только у водителей моложе 25 лет, но и у водителей старше 60 лет. Считается, что от 25 до 60 лет индивидуальная безопасность водителя остается примерно на том же уровне [9,10].

В системе безопасности тракториста=машигиста важны внимание, скорость реакции и способность поддерживать их на протяжении всей рабочей смены. Исследования показывают, что по меньшей мере 80% людей старше 60 лет, обратившихся к неврологам по различным причинам, жалуются на снижение внимания и памяти [8,11,12].

В 1994 году Международная психогериатрическая ассоциация при ВОЗ предложила термин "когнитивное снижение, связанное с ожирением, возрастное когнитивное снижение". До 50-летнего возраста снижение психических функций происходит плавно и незаметно, а после 50 лет, и особенно после 55 лет, признаки ослабления памяти, внимания, мышления дают о себе знать во все более очевидной форме. Пожилой человек менее способен к быстрой реакции [3].

Это подтверждают результаты исследования, проведенного учеными из Стэнфордского исследовательского центра болезни Альцгеймера. Они обнаружили, что физиологическое старение человека происходит поэтапно. Были выявлены три ярко выраженные стадии жизненного цикла, которые в основном выражены в возрасте 34, 60 и 78 лет. Это происходит из-за внезапных изменений соотношения ряда аминокислот - большую часть времени оно остается неизменным, а в какой-то момент происходит внезапное увеличение или уменьшение. То есть в возрасте 60 лет, возрасте, когда до выхода на пенсию работников птицеводства остается еще пять лет, происходят резкие изменения в состоянии здоровья работников, в первую очередь в их когнитивных способностях. Особенно для работников, которые долгое время находились во вредных условиях, как это имеет место на транспорте [12.13].

В то же время человеку становится все труднее сосредоточиться на определенном объекте или действии, переключаться с одного объекта на другой, своевременно реагировать на поток информации, поступающий извне, что является одним из основных аспектов осознанности.

И следствием этого является нарушение координации движений, расстройства зрения, невнимательность, потеря бдительности и контроля над реальной ситуацией. Сотрудник часто нарушает требования правил дорожного движения, допускает ошибки в процессе вождения, у него снижается чувство опасности. Нарушение внимания и памяти - это путь к еще большему увеличению несчастных случаев и аварийных ситуаций.

Примечательно, что пожилые люди в возрасте 60 лет и старше относятся к группе максимального риска как с точки зрения вероятности получения травм, несовместимых с жизнью, так и с точки зрения частоты травм, требующих госпитализации. Уровень смертности от травм среди людей в возрасте 60 лет и старше составляет 113 случаев на 100 тысяч населения, что более чем в два раза превышает соответствующий показатель для всех остальных групп вместе взятых (Федеральное государственное учреждение Центральный научно-исследовательский институт Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва).

Естественно, с возрастом усталость проявляется быстрее, в результате чего у работника возникает состояние, которое также может привести к ошибкам в работе, опасным ситуациям и несчастным случаям. Таким образом, каждый четвертый несчастный случай связан с выраженной усталостью работников.

Исследование также выявили заметные изменения у работников после 60 лет рабочей памяти, скорости обработки информации. И это те функции, которые необходимы для безаварийнорго кправления МТА, для действий в чрезвычайных ситуациях и дпже для эффектианого обучения безопасной работе [14].

Мы не должны забывать, что после 50 лет обычно наблюдается снижение внимания и памяти, а к 65 годам память снижается почти у половины людей. В 2004-2005 годах эпидемиологическое исследование Прометея было проведено в 33 городах 30 регионов России. Оно показало, что по меньшей мере 80% людей старше 60 лет, обратившихся к неврологам по разным причинам, имеют жалобы на потерю памяти.

Нарушение внимания и памяти - это путь к увеличению травматизма и несчастных случаев на транспорте. Травматизм у пожилых людей выше, чем у молодых. В основном из-за снижения внимания, нарушения координации движений и остеопороза.

Элементы системы управления профессиональными рисками

I. Политика управления профессиональными рисками, цели и программы по их достижению

II. Планирование работ по управлению профессиональными рисками

III. Процедуры системы управления профессиональными рисками

IV. Контроль функционирования системы управления профессиональными рисками

V. Анализ функционирования системы управления профессиональными рисками

1. Требования к политике управления профессиональными рисками, целям и программам

Политика в области управления профессиональными рисками должна:

- Соответствовать видам деятельности, характеру и масштабам рисков работодателя в области обеспечения безопасных условий труда и здоровья работников.
- Включать обязательства по предотвращению травм и ухудшения состояния здоровья работников, а также по постоянному улучшению системы управления профессиональными рисками (СУПР).
- Включать обязательства по обеспечению соответствия применимым к работодателю законодательным и другим нормативным требованиям, относящимся к существующим опасностям, возникающим при осуществлении деятельности и влияющим на обеспечение безопасных условий труда и здоровье работников.

- Регулярно анализироваться для обеспечения постоянного соответствия изменяющимся условиям, документироваться и поддерживаться в актуальном состоянии.
- Быть доступной всем работникам, включая работников подрядных организаций, и находиться в легкодоступных местах для ознакомления с ней.

Политика работодателя в области управления профессиональными рисками должна быть частью политики в области охраны труда.

Анализ недавних исследований. Сегодня вопрос качественного анализа и количественного определения профессионального риска, поиска путей снижения его уровня до приемлемых пределов привлекает как ученых, так и специалистов служб охраны труда предприятий и организаций.

Публикации многих ученых в области труда указывают на существование различных подходов и методов к исследованию проблемы производственный травматизм в целом и профессиональный риск в частности. Так, некоторые эксперты сосредотачиваются только на анализе опасных факторов и причин получения производственного травматизма, не проводя качественного и количественного анализа протекания самих травматических ситуаций и их последствий [1-3]. Однако другие ученые для изучения последствий промышленных аварий стали все чаще использовать методы логического и математического моделирования. Эти методы позволяют количественно установить риск травм при выполнении определенных операций, что позволяет камере разрабатывать и внедрять эффективные профилактические меры.

Среди этих методов следует выделить метод "дерева неисправностей" как один из методов вероятностного анализа, определяемый с использованием количественные и качественные характеристики производственного травматизма и несчастных случаев на производстве. Этот метод достаточно эффективен и для оценки профессионального риска пользователя, но не позволяет в полной мере исследовать протекание процесса травмоопасной ситуации. В частности, способ позволяе пределять вероятности перехода производительности системы "человек-машина-производственная среда" из одного состояния в другое, возвращая систему в ее предыдущее состояние, а также прогнозировать вероятности функционирования системы ценностей в средне- и долгосрочной перспективе. Это делает методы лежащими в плоскосттеории дифференциальных уравнений. Однако эти методы не позволяют определить степень влияния каждого первичного (базового) события, причинно-следственного главного события.

Таким образом, только благодаря сочетанию "дерева неисправностей" с методами теории дифференциальных уравнений можно наиболее точно и глубоко изучить процессы зарождения, формирования и возникновения травматических ситуаций

Увеличение рисков аварий, несчастных случаев и профессиональных заболеваний трактористов-машинистов, предположительно, может быть связано с двумя факторами.

Первое - это когнитивные нарушения: снижение внимания, памяти и рабо-

тоспособности человека с возрастом, что может стать причиной аварий и ДТП не только во время вождения машинно-тракторного агрегата, но и во время его технического обслуживания, дозаправки, аварийно-восстановительных работ в условиях поля.

Второе - увеличение вероятности усиления негативной реакции организмов возрастных водителей на опасные ситуации, сопровождающие процесс вождения.

Первая ожидаемая проблема, связанная с увеличением доли возрастных работников на транспорте, - это возможное увеличение рисков несчастных случаев и чрезвычайных происшествий.

Управление рисками: Шесть шагов к завершению эффективного анализа безопасности труда

Без четкого понимания опасностей и рисков, с которыми сталкиваются ваши сотрудники при выполнении задач, которые они выполняют каждый день, невозможно обеспечить их безопасность.

Эффективное управление рисками начинается с выявления и устранения опасностей до того, как произойдут инциденты. Хотя большинство специалистов по технике безопасности понимают, что тщательный анализ безопасности труда (АБТ) является надежным процессом оценки опасностей на рабочем месте, трудности, связанные с его проведением, часто мешают компаниям завершить его. Более того, даже когда мероприятия по специальной оценке рабочих мест по условиям труда были проведены, слишком часто первоначальные оценки не пересматриваются или не обновляются так, как это необходимо для обеспечения эффективности (при проведении регулярного производственного контроля за санитарно-гигиеническими условиями труда.

Без четкого понимания опасностей и рисков, с которыми сталкиваются ваши сотрудники при выполнении задач, которые они выполняют каждый день, невозможно обеспечить их безопасность. Суть в том, что выполнение АБТ для каждой работы или процесса, их регулярное обновление и предоставление сотрудникам легкого доступа к их результатам имеет важное значение для повышения осведомленности о рисках безопасности.

Рассмотрим важнейшие шаги для завершения эффективного АБТ и обсудим множество способов, с помощью которых технологии могут облегчить этот процесс.

Шаг первый: Выберите, какую работу анализировать

Чтобы запустить процесс АБТ, выберите задания или задачки, которые необходимо оценить. Выбор рабочих мест – или вакансий в некоторых случаях – для анализа может показаться простым, но может оказаться жизненно важным соображением, когда работодатели располагают ограниченным временем и ресурсами для анализа всех различных рабочих мест, связанных с их деятельностью. Еще одним важным соображением при выборе задания для анализа является то, что каждое АБТ потребует пересмотра с внедрением нового оборудования, сырья, процессов или рабочей среды. По этим причинам хорошей

практикой является определение приоритетов заданий, подлежащих анализу. Таким образом, даже если анализ всех заданий не выполняется, это гарантирует, что в первую очередь будут рассмотрены наиболее важные задания.

Итак, как вы определяете, какую работу или поручение следует оценить в первую очередь? Хорошей практикой должно быть определение приоритетов рабочих мест с использованием следующих критериев:

• рабочие места с самым высоким уровнем травматизма или заболеваний,

• рабочие места с наибольшим риском получения травм или заболеваний,

• работы, на которых одна простая человеческая ошибка может привести к серьезному несчастному случаю или травме,

• недавно внедренные задания и процессы или те, которые претерпели изменения в процессах и процедурах и

• задания, достаточно сложные, чтобы требовать письменных инструкций.

Независимо от рабочих мест или задач, выбранных для оценки, крайне важно иметь точную информацию об опасностях, с которыми сталкиваются работники, выполняющие их. Сегодня оптимизированные для мобильных устройств приложения для управления инцидентами могут стать ценным инструментом для работодателей, позволяющим оценить и расставить приоритеты в отношении того, какие вакансии следует анализировать. Предоставляя передовым работникам возможность сообщать более точную информацию и данные об опасностях, инцидентах и промахахах по мере их возникновения, работодатели легче могут определить области, в которых необходимо провести немедленный анализ.

Шаг второй: Разбивка рабочих задач

Для выполнения тщательного и точного АБТ каждое задание должно быть разбито на определенную последовательность отдельных задач. Важно избегать определения отдельных рабочих задач слишком узко или слишком широко. Вообще говоря, задание должно содержать не более десяти отдельных задач. Если ваш АБТ превышает это число, рассмотрите возможность разделения задания на два или более отдельных этапа. Также жизненно важно поддерживать надлежащую последовательность выполнения рабочих задач, чтобы гарантировать, что на этапе идентификации опасности устраняются в том порядке, в котором с ними сталкиваются сотрудники.

Разбивка рабочих задач обычно выполняется путем непосредственного наблюдения, по крайней мере, с одним специалистом службы охраны труда или непосредственным руководителем, знакомым с работой и записывающим серию отдельных задач по мере их выполнения опытным сотрудником. Наблюдение за опытным сотрудником помогает гарантировать, что рабочие задачи выполняются в надлежащей последовательности с высоким уровнем предосторожности, помогая легче выявлять непредвиденные опасности. Это также помогает гарантировать, что все задачи, даже часто пропущенные шаги, такие как настройка и очистка, также проверяются. Помните, что если задача не определена, риски также не могут быть идентифицированы.

Как только наблюдение будет завершено, участники должны собраться для рассмотрения выводов и убедиться, что все шаги были определены в достаточной степени.

Шаг третий: Выявление опасностей

Опасности должны быть выявлены вскоре после наблюдения и разбивки рабочих задач, пока последовательность рабочих задач и потенциальные опасности еще свежи в памяти всех участников. Если необходимо повторить одно или несколько рабочих заданий, это следует сделать немедленно, если это возможно.

Следует задать ряд вопросов, чтобы оценить потенциальные опасности при выполнении отдельных рабочих задач. Выполняйте последовательность заданий по одному за раз и отвечайте на такие вопросы, как:

• Существуют ли какие-либо точки защемления или вероятность того, что части тела могут быть зажаты между движущимися механизмами или предметами?

• Представляет ли используемое оборудование какие-либо потенциальные опасности?

• Существует ли вероятность поскользнуться, споткнуться или упасть?

• Существует ли риск получения травмы из-за чрезмерного напряжения при подъеме, толчке или вытягивании?

• Существует ли риск воздействия сильной жары или холода?

• Подвергает ли выполнение задачи сотрудников воздействию чрезмерного шума или вибрации?

• Существует ли потенциальная опасность воздействия токсичных/опасных веществ, вредного излучения или поражения электрическим током?

Этот список ни в коем случае не является исчерпывающим, и задаваемые вопросы должны отражать уникальные потенциальные опасности и условия труда, связанные с каждой работой. Сотрудники, выполняющие задачи, для которых проводится анализ безопасности труда, должны внести свой вклад и получить представление о процессе идентификации опасности, а также стремиться учитывать все возможные результаты при выполнении каждой задачи. Затем следует разработать надлежащие средства контроля, чтобы ограничить вероятность того, что производственные риски приведут к экологическому инциденту или инциденту с безопасностью.

Это еще одна область, где важна точная информация об опасностях и травмах и где технология может быть полезным ресурсом. Простое решение для анализа рисков может помочь разработать JSA для любой работы и обеспечить доведение рисков до сведения сотрудников и определение приоритетов для снижения. Это программное обеспечение может собирать зарегистрированные травмы, болезни, промахи и опасности, а также позволяет быстрее и проще выявлять тенденции и факторы риска. Лучшие системы позволяют пользователям создавать пользовательские отчеты и информационные панели для еще большей наглядности и определения критических показателей инцидентов и

областей, где требуется новый или обновленный JSA.

Шаг четвертый: Разработка превентивных мер

Иерархия средств контроля является хорошо известным и широко используемым инструментом для разработки превентивных мер в отношении опасностей, связанных с рабочими задачами. Национальный институт безопасности и гигиены труда перечисляет пять средств контроля в порядке эффективности со следующим описанием:

• Устранение – физическое устранение опасности
• Замена – Замените опасность
• Инженерный контроль – изолировать людей от опасности
• Административный контроль – измените способ работы людей
• СИЗ – Защитите работника средствами индивидуальной защиты

Широко распространенное устранение опасностей считается наиболее эффективным и долгосрочным решением для повышения безопасности труда. Однако это также часто является наиболее сложным и дорогостоящим в краткосрочной перспективе для реализации. Административный контроль и меры СИЗ, как правило, менее затратны в первоначальном внедрении, но часто менее эффективны в борьбе с опасностями, и их может быть трудно поддерживать в долгосрочной перспективе.

Существуют программные решения, которые могут быть интегрированы с решениями для анализа рисков и управления инцидентами, чтобы можно было планировать и отслеживать все виды профилактических мер до их завершения. Эти решения обладают дополнительным преимуществом, заключающимся в том, что корректирующие действия становятся видимыми для сотрудников, демонстрируют прогресс в закрытии элементов действий и повышают вовлеченность сотрудников.

Шаг пятый: Документируйте и сообщайте результаты анализа производственных рисков

Заключение

После завершения АБТ результаты должны быть задокументированы и предоставлены сотрудникам, чтобы они были осведомлены об опасностях, связанных с работой, которую они будут выполнять, и знали, какие превентивные меры помогут обеспечить их безопасность. Слишком часто работодатели тратят время и усилия на создание системы АБТ только для того, чтобы документы исчезли в папке или были подшиты на жесткий диск компьютера и забыты. Когда это происходит, АБТ не выполняют свою цель. Системы АБТ должны быть живыми документами, которые фиксируют информацию о рисках, контролируют документооборот и информируют сотрудников как об опасностях в их рабочих задачах, так и о наилучших способах их предотвращения.

Сотрудники должны знать о существовании системы АБТ и иметь быстрый и легкий доступ к ним. Кроме того, работники также должны уметь понимать их и действовать в соответствии с ними. Это вопрос обучения и обеспече-

ния того, чтобы процедуры АБТ были простыми для чтения и понимания. Если неясно, какие опасности соответствуют каким задачам или какие средства контроля соответствуют каким задачам, то система АБТ не выполняет свою основную обязанность и может неадекватно подготовить сотрудников к пониманию рисков и их предотвращению. Когда дело доходит до информирования об опасностях, важно устранить как можно больше двусмысленности.

Список источников

1. Широков Ю.А. ОЦЕНКА РИСКОВ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В СВЯЗИ С ПОВЫШЕНИЕМ ПЕНСИОННОГО ВОЗРАСТА // Безопасность труда в промышленности – 2020 - № 6 - С. 29-34. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-6-29-34.

2. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ТРАКТОРИСТА-МАШИНИСТА В СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина" – 2019 - № 6 (94) - С. 28-34. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-28-34.

3. Abdelwanis, N. (2014). Characteristics and contributing factors of emergency vehicle crashes (Doctoral thesis) - UMI number 3609750.

4. Alavinia S.M., Molenaar D., Burdorf A. (2009), Productivity loss in the workforce: associations with health, work demands, and individual characteristics // Work.№ 1 – Pp. 49–56. doi: 10.1002/ajim.20648.

5. Андреев С.А., Борулько В.Г., Викторов А.И. Математическая модель температурного режима в кабине. // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 2003 - № 1 - С. 23-24.

6. Фирсов М.М., Викторов А.И., Борулько В.Г. Улучшение климатических условий в кабинах сельхозмашин // Тракторы и сельскохозяйственные машины – 2002 - № 10 - С. 23-25.

7. Grant, P. (2017). The human factors associated with responding to emergency vehicles (Doctoral thesis), Edith Cowan University. Available online at: https://ro.ecu.edu.au/theses/2044.

8. Hsiao H., Chang J., and Simeonov P. (2018). Preventing emergency vehicle crashes: status and challenges of human factors issues // Hum. Fact – 60 - Pp.1048–1072. doi: 10.1177/0018720818786132.

9. Широков Ю.А. ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МИНИМИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ТРАКТОРИСТОВ // Агроинженерия – 2020 - № 4 (98) - С. 66-72. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-66-72.

10. Koski, A., and Summanen, H. (2019). The risk factors Finnish paramedics recognize when performing emergency response driving // *Accid. Anal. Prev* - 125,

40–48. doi: 10.1016/j.aap.2019.01.021

11. Mcdowd J. M. and M. Craik F. I.,(1988) “Effects of aging and task difficulty on divided attention performance” // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* - vol. 14 - no. 2 - pp. 267–280.

12. Oakman J., Neupane S., Proper K.I, et all, (2018), Workplace interventions to improve work ability: A systematic review and meta-analysis of their effectiveness // Scand J Work Environ Health - № 2 - Pp. 134–146. doi: 10.5271/sjweh.3685.

13. Подстриженных М.Б.,Гузеева С.А. Влияние уровня шума на человека и производительность его труда // Концепция "Общества знаний" в современной науке // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Издание: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований" (Уфа) - С.136-138.

14. Широков Ю.А. О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА // Охрана труда в промышленности – 2020 - № 11 - С. 89-94. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-11-89-94.

УДК 72

ГЛАВА 10. ОПЫТ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ «ЛЮБЛИНО» В ГОРОДЕ МОСКВЕ (НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА «ДОМАШНИЙ»)

Орлов Евгений Владимирович
к.т.н., доцент., доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Старикова Анастасия Сергеевна
студент
ФГБОУ ВО «Московский государственный академический художественный институт имени В.И. Сурикова при Российской академии художеств»

Аннотация: в данной работе рассмотрен опыт проведения реновации промышленной зоны «Люблино», расположенной на юго-востоке Москвы. Изучен жилой комплекс «Домашний», который был возведен за несколько лет на южном участке данной территории. Приведена информация о застройке, архитектуре и благоустройстве объекта исследования.
Ключевые слова: реновация, промышленная зона, архитектура, здание, сооружение, строительство, транспортная инфраструктура.

EXPERIENCE OF RENOVATION OF THE INDUSTRIAL ZONE «LUBLINO» IN THE CITY OF MOSCOW (ON THE EXAMPLE OF THE RESIDENTIAL COMPLEX «DOMASHNY»)

Orlov Evgenij Vladimirovich,
Starikova Anastasija Sergeevna

Abstract: The paper considers the experience of renovation of the industrial zone «Lublino», located in the south-east of Moscow. The residential complex «Domashny», which was built in several years on the southern section of this territory, has been studied. Information about the building, architecture and landscaping of the research object is provided.
Key words: renovation, industrial zone, architecture, building, construction, construction, transport infrastructure.

Реновация промышленных зон оказывает положительное влияние на развитие любой городской территории [1-3]. Это позволяет убрать из города промышленные объекты с целью улучшения экологии окружающей среды, а также дает возможность использовать освободившиеся площади на различные нужды, например, для создания новой среды обитания человека [4-8].

Промышленная зона «Люблино» находится на юго-востоке Москвы (рис. 1). Ее площадь до реновации составляла 226,02 га. Территория проходила через районы Марьино и Люблино.

Для реновации был выбран участок площадью 27 га, расположенный в южной части промышленной зоны «Люблино». Он примыкает к парку 850-летия Москвы, который граничит с рекой. С других сторон территория ограничена Донецкой и Подольской улицами, Проектируемым проездом № 6276, а также Курьяновской набережной.

Район Марьино, где был построен жилой комплекс «Домашний», сегодня является наиболее заселенном районом столицы. По данным статистики на 2021 год там проживало порядка 268 000 человек. Жилой фонд в основном представлен панельными домами, которые возводились с конца 70-х годов прошлого века. В 1996 году для улучшения транспортной доступности было построено метро (станции «Марьино» и «Братиславская»). Крупные парки, скверы и пешеходные зоны делают район привлекательным для проживания.

Рис. 1. Промышленная зона «Люблино» на карте Москвы (источник фото: https://stroi.mos.ru/renovaciya-promzon/promzona-liublino?ysclid=lgv6r1v8jl776284646)

Проект реновации промышленной зоны взялась осуществлять компания «Группа ПСН», дизайнером выступило голландское архитектурное бюро

MLA+. Вариант застройки предполагал несколько очередей строительства. На сегодня три очереди строительства сданы и объекты заселены.

Жилой комплекс «Домашний» особо красиво выделяется на фоне окружающей застройки среди типичных панельных зданий, возведенных еще в прошлом веке. Создается впечатление, что архитектура комплекса притягивает зрителя, зазывая к себе на знакомство, чтобы дать возможность окунуться в красоту многоэтажного строительства.

Все здания жилого комплекса «Домашний» имеют различную этажность, которая колеблется от 6 до 32 этажей. Это позволяет наслаждаться видом как высотных зданий, так и малоэтажной застройки, которая также же хорошо интегрирована во внутреннее пространство всего микрорайона (рис. 2).

Рис. 2. Здания жилого комплекса «Домашний» разной этажности, вид со стороны ул. Донецкая (фото Орлова Е.В.)

Выделение солидных площадей городом застройщику для проведения реновации промышленной зоны позволяет проектировщикам проявить весь свой опыт [9-15], создавая интересные и достойные жилые комплексы, которые будут выделяться своей художественной выразительностью, притягивая взоры многочисленных людей, оказавшихся рядом.

Рис. 3. Оформление фасадов здания с имитацией голландского кирпича (фото Орлова Е.В.)

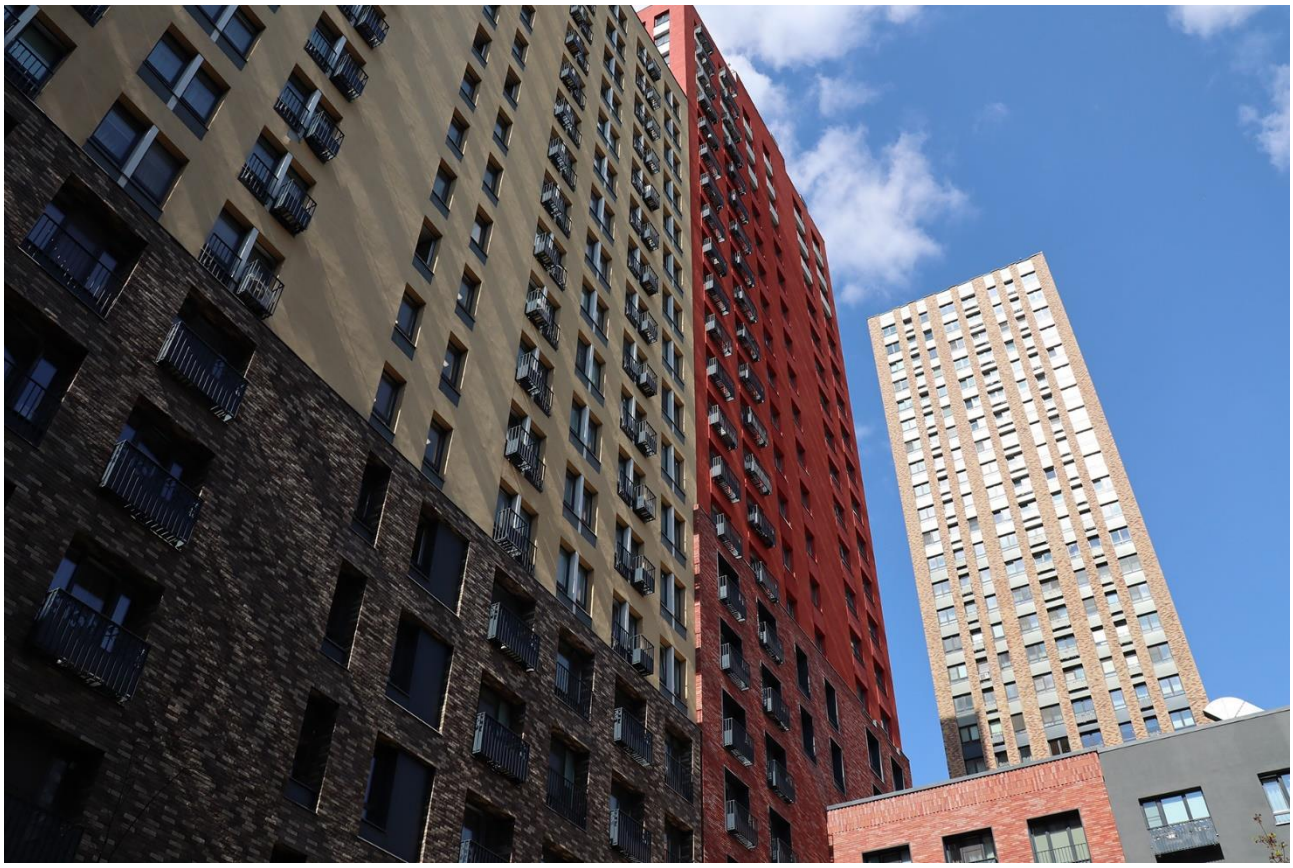


Рис. 4. Вариант оформления некоторых частей фасада здания методом мокрой штукатурки (фото Орлова Е.В.)

При взгляде на оформление ярких и интересных фасадов жилого комплекса «Домашний» создается впечатление, что попадаешь в какое-то необычное пространство, которое притягивает и не отторгает, заставляя перемещать фокус зрения с дома на дом, пытаясь уловить что-то интересное для себя. В облицовке фасадов применено сочетание мокрой штукатурки и искусственного камня «Экостоун», имитирующего голландский кирпич, отделка из такого декоративного кирпича увеличивает теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций. Здания с таким оформлением смотрятся свежо, но строго, однако красота и привлекательность остаются на высоте (рис. 3-4).

С целью создания целостности в оформлении фасадных решений проектировщики отказались от классических вариантов балконов и лоджий, заменили их простыми французскими балконами, также установили корзины для кондиционеров, гармонично интегрировав их в фасадные решения объекта (рис. 5). В некоторых корпусах имеются эркеры, которые не только увеличивают поступление солнечного света в комнаты, но и создают гармонию в оформлении фасадов (рис. 6-7).

С целью снижения количества открытых парковочных мест на территории жилого комплекса запроектирован подземный паркинг, который позволяет жителям оставлять автомобиль под охраной. Он оборудован системами отопления, вентиляции и др. Имеется система контроля доступа, а также видеонаблюдение (рис. 8).

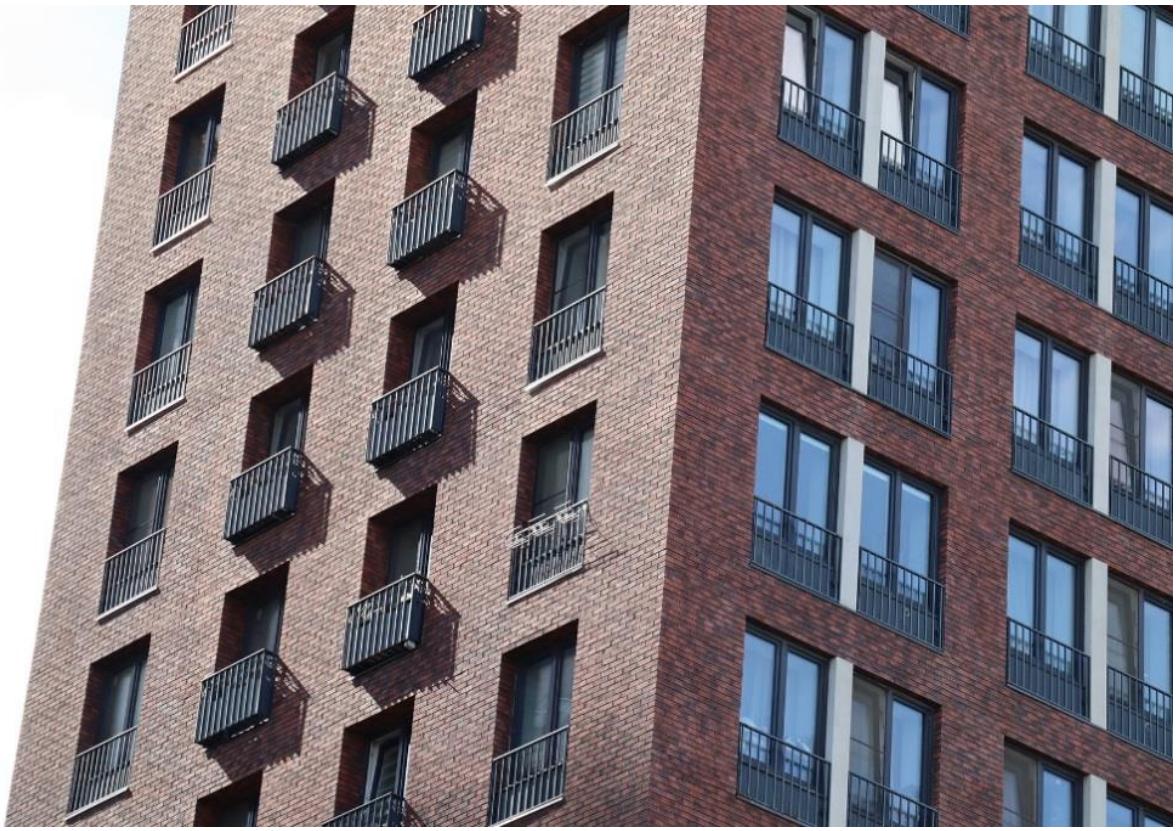


Рис. 5. Французские балконы и корзины для кондиционеров на фасаде здания (фото Орлова Е.В.)

Рис. 6. Эркеры в малоэтажном корпусе жилого комплекса «Домашний» (фото Орлова Е.В.)

Рис. 7. Эркеры в многоэтажном корпусе жилого комплекса «Домашний» (фото Орлова Е.В.)

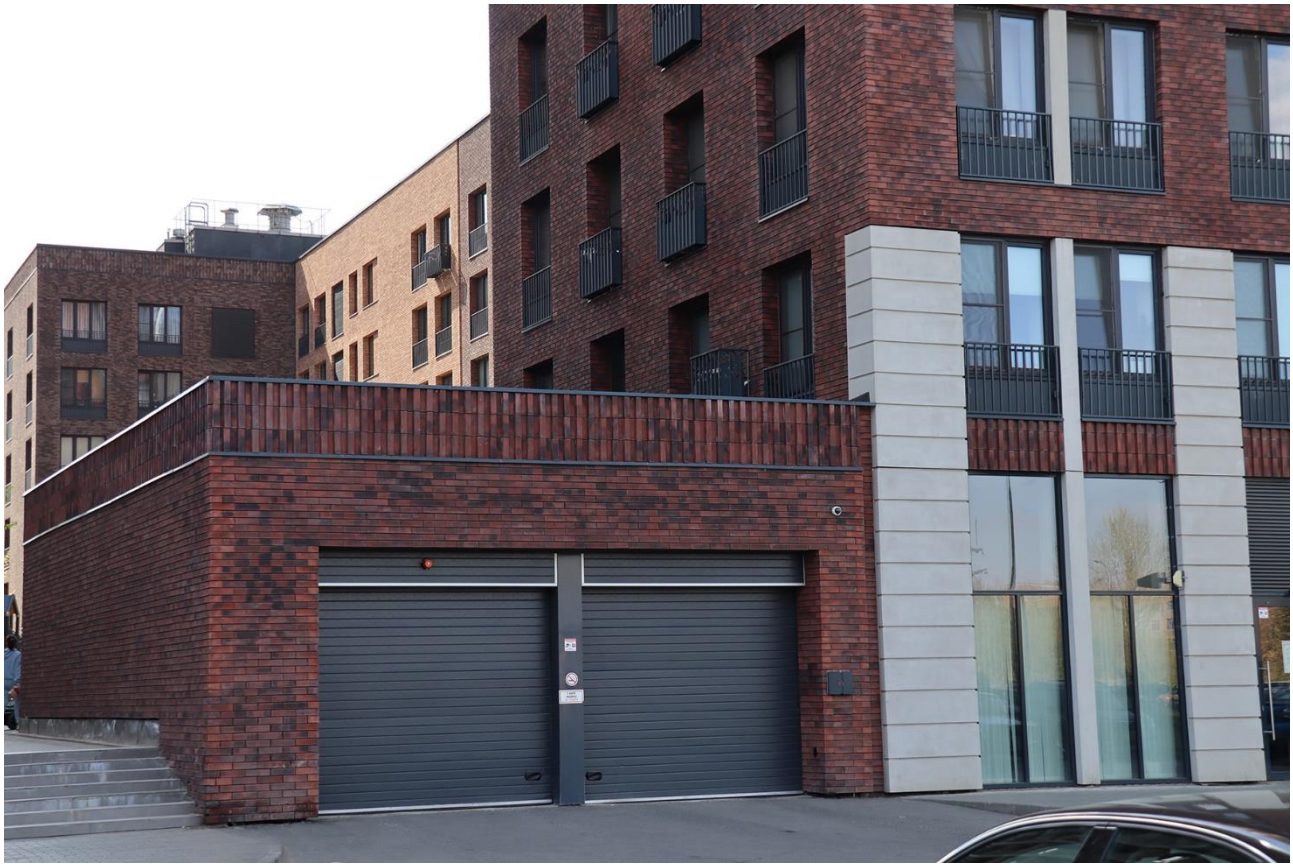


Рис. 8. Въездные и выездные автоматические ворота подземного паркинга жилого комплекса (фото Орлова Е.В.)

Проектировщиками были предусмотрены закрытые дворы, внутри которых были запроектированы детские площадки, скамейки, а также посажены различные виды растений и кустарников (рис. 9). Было проведено освещение, а также организована система водоотвода с территории. Прорезиненное покрытие детских площадок снижает вероятность получения ребенком травм при падении, делая игру безопасной. Также установлено различное спортивное и игровое оборудование детских площадок, которое включает качели, карусели, песочницы и т.д. (рис. 10).

На первых этажах жилого комплекса «Домашний» расположены коммерческие помещения. Они представлены различными продуктовыми магазинами, пекарнями, кафе, салонами красоты, магазинами службы доставки товаров, аптеками и т.д. Сейчас такое решение в планировке зданий позволяет жителям иметь в шаговой доступности все необходимые блага для решения своих повседневных задач. Создается собственная среда обитания, которая становится удобной для проживания человека (рис. 11).

Также в жилом комплексе в подвальных помещениях запроектированы индивидуальные кладовые для хранения вещей. Это актуально в связи с отсутствием балконов и лоджий в проектах.

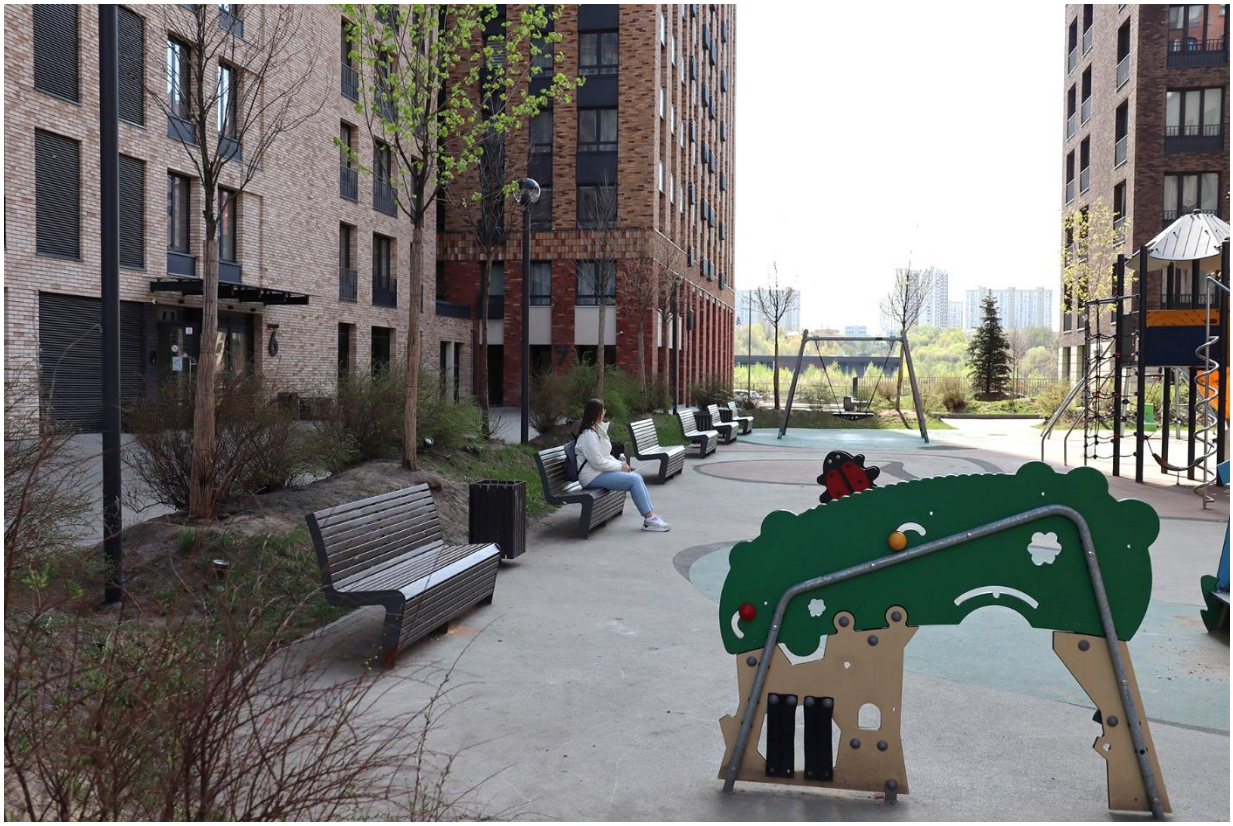


Рис. 9. Зеленые насаждения вокруг детской площадки делают окружающую среду гармоничной (фото Орлова Е.В.)

Рис. 10. Детская площадка имеет различное спортивное и игровое оборудование (фото Орлова Е.В.)

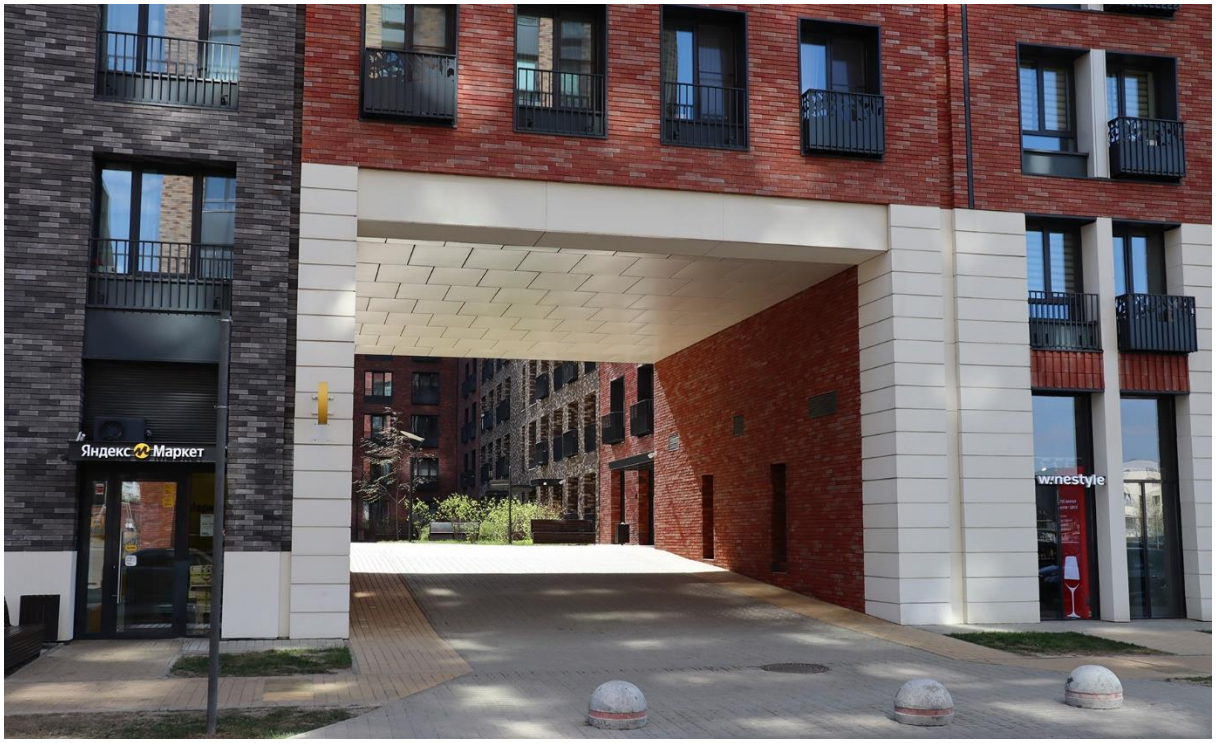


Рис. 11. Вход во внутренний двор гармонично сочетается с коммерческими помещениями на первых этажах здания (фото Орлова Е.В.)

При проектировании жилого комплекса уделили особое внимание созданию пешеходных зон и прогулочных аллей, вдоль которых расположены зеленые насаждения (рис. 12-13).

Рис. 12. Начало пешеходной аллеи в северной части жилого комплекса (фото Орлова Е.В.)

Рис. 13. Пешеходная часть аллеи в южной части жилого комплекса (фото Орлова Е.В.)

Несмотря на то, что жилой комплекс «Домашний» находится далеко от метро «Марьино», транспортная доступность стала лучше, благодаря открытию в 2020 году железнодорожной платформы (МЦД-2) «Курьяново», находящейся в пешей доступности для жителей (рис. 14). Это позволило удобнее добираться до центра столицы, а также в пригород, пользуясь комфортабельными поездами, оборудованными системами кондиционирования воздуха, а также туалетами и беспроводным интернетом по технологии Wi-Fi. Также организовано автобусное движение от жилого комплекса по нескольким маршрутам.

Рис. 14. Вход на станцию «Курьяново» (источники фото: https://stroi.mos.ru/uploads/media/main_image/0002/16/fab25e713daf22338ed7b1fb94a06fbbc3fd0c56-main_image_thumb1440.jpeg)

Рис. 15. Проектируемый проезд № 6276, проходящий вдоль жилого комплекса «Домашний» (фото Орлова Е.В.)

Активно ведутся работы по расширению прилегающих улиц (рис. 15). Например, Проектируемый проезд № 6276 недавно был соединен с улицей Подольских Курсантов, что позволяет автолюбителям выезжать не только на Донецкую улицу, но и на Курьяновскую набережную, а уже с нее попадать непосредственно на юго-восточную хорду, являющуюся частью московского скоростного диаметра (МСД). После окончания строительства близлежащей транспортной инфраструктуры можно будет быстро выезжать не только на Волгоградский проспект, но и на Каширское шоссе, благодаря возведению моста через реку. Более быстро можно будет доезжать до московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД).

Сегодня жилой комплекс «Домашний» является сложившимся элементом городской застройки, который продолжает активно развиваться. Еще остается незастроенным пустырь, находящийся в восточной части района вдоль улицы Донецкая. Планируется, что в перспективе он будет также застроен.

Кроме того, требуется завершить всю необходимую реконструкцию вокруг жилого комплекса, в том числе провести окончательное благоустройство в районе МЦД-2 «Курьяново», а также вдоль строящихся улиц. Предполагается, что такие работы будут полностью завершены после окончания строительства транспортной инфраструктуры в районе жилого комплекса «Домашний», о которой мы говорили ранее. Также соседство жилого комплекса со зданием ТЭЦ-9 (РТС «Курьяново») немного снижает художественную выразительность окружающего пространства (рис. 16).

Рис. 16. Здание ТЭЦ-9 (РТС «Курьяново») находится недалеко от жилого комплекса (фото Орлова Е.В.)

Однако можно с уверенностью сказать, что архитектурные и градостроительные решения жилого комплекса «Домашний» интересны и привлекательны. Их можно позаимствовать, чтобы в дальнейшем разрабатывать различные варианты застройки микрорайонов с учетом опыта и профессионализма проектировщиков, создавая достойные творения, которые будут радовать глаз не одно поколение людей, гармонично вписываясь в окружающую городскую среду.

Список источников

1. Жилищное строительство в СССР / Под ред. Б.Р. Рубаненко. – Москва: Стройиздат, 1981. – 280 с.

2. Данилова Д.В. Типовые проекты многоквартирных домов в 70-ых годах XX века в СССР // Новые научные исследования. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч.. Пенза, 2021. − С. 197-200.

3. Капустян Е.Д. Многоэтажные жилые дома. – Москва: Стройиздат, 1975. – 143 с.

4. Лисициан М.В., Пашковский В.Л., Петрунина З.В. Архитектурное проектирование жилых зданий. – Москва: Архитектура-С, 2014. – 488 с.

5. Макаров В.В. Адаптация типового планировочного решения с учетом современных требований // Дни студенческой науки. Сборник докладов науч-

но-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи. − Москва, 2021. − С. 16-20.

6. Иконников А.В. Формирование городской среды. М. : Знание, 1973. 64 с.

7. Глазычев В.Л. Урбанистика. – М.: Европа, 2008. 200 с.

8. Николаевская И.А. Благоустройство городов. – М.: Высшая школа, 1990. 160 с.

9. Бунин А.В., Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства. М. : Стройиздат, 1979. 412 с.

10. Бирюкова Н.В. История архитектуры. – М. Инфра-М. 2007. 367 с.

11. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, 1984. 264 с.

12. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. – Смоленск: Маджента, 2003. 381 с.

13. Боков В.А. Основы экологической безопасности. – Симферополь: Сонат, 1998. 224 с.

14. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Айрис Пресс, 2004. 575 с.

15. Владимиров В.В. Расселение и экология. – М.: Стройиздат, 1996. 392 с.

© Е.В. Орлов, А.С. Старикова, 2023

УДК 940

ГЛАВА 11. РЕАЛИЗАЦИЯ ЖИЛИЩНОГО ВОПРОСА В ГОРОДАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

Королева Татьяна Михайловна
доктор исторических наук, доцент
Севастопольский филиал
Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова

Аннотация: в исследовании рассмотрено решение жилищного вопроса в районах нового промышленного освоения Иркутской области. Урбанизация Иркутской области привела к изменениям в демографии. В демографической структуре городов данного региона преобладала молодежь. Важной потребностью молодежи стало строительство жилья, которого катастрофически не хватало. Эту проблему пытались решить разными методами, которые представлены в данной работе.
Ключевые слова: жилищное строительство, методы строительства жилья, районы нового промышленного освоения, молодежь.

IMPLEMENTATION OF THE HOUSING ISSUE IN THE CITIES OF THE IRKUTSK REGION DURING THE SOVIET PERIOD

Koroleva Tatyana Mikhailovna

Abstract: the study considers the solution of the housing issue in the areas of new industrial development of the Irkutsk region. The urbanization of the Irkutsk region has led to changes in demography. The demographic structure of the cities of this region was dominated by young people. An important need for young people was the construction of housing, which was sorely lacking. This problem was tried to be solved by different methods, which are presented in this paper.
Keywords: housing construction, methods of housing construction, areas of new industrial development, youth.

Данное исследование очень актуально на сегодняшний день. В любом государстве молодежь является главным стратегическим ресурсом общественного развития. От того, как будут решены насущные проблемы молодежи (особенно бытового характера), зависит будущее страны, ее стабильность и национальная безопасность. В СССР был накоплен уникальный опыт решения жилищного вопроса, изучение которого, безусловно, представляет большой интерес для сегодняшней практики.

Хронологические рамки исследования охватывают период с 1950 – 1991 гг., который был насыщен знаковыми событиями в истории развития региона. С

1950-х гг. наступил качественно новый этап в освоении производительных сил Иркутской области: начинается строительство новых промышленных предприятий (ЛПК, алюминиевых заводов, ГЭС), что привело к созданию территориально-промышленных комплексов и новых городов (Братск, Шелехов, Железногорск, Железногорск-Илимский и др.). Верхней хронологической границей исследования является 1991 год. Это завершающий исторический этап существования советской общественно-политической системы и завершающий период реализации советской молодежной политики.

Территориальные рамки исследования включают Иркутскую область, которая обладала огромным экономическим потенциалом, где активно происходило промышленное освоение, что вело к изменениям во всех сферах жизни общества. Можно выделить следующие особенности данного региона:

1) интенсивно происходил процесс урбанизации (появление новых, ранее не существовавших промышленных городов и поселков городского типа; многие городские поселения появились в связи с развитием транспорта, энергостроительства, лесной промышленности);

2) изменение в социальной структуре общества (приток людей и преобладание молодежи в возрасте 18–30 лет, что связано с комсомольскими молодежными стройками; а в начальный период освоения новых территорий среди населения преобладал удельный вес мужчин, что объяснялось спецификой хозяйственных работ и т. д.);

3) присутствовал редко встречающийся в России феномен бицентрия. На уровне субъекта федерации им являлся г. Братск, а на уровне территориальных районов – г. Вихоревка Братского района. В советский период города-бицентры России выполняли роль промышленных доноров в своих административно территориальных образованиях. Финансирование социальной сферы городов-бицентров по остаточному принципу привело к ухудшению уровня и качества жизни населения. Особенно это было заметно в медицинском обслуживании, запущенности решения жилищных и экологических проблем, что привело к оттоку населения из названных городов.

В данном исследовании рассмотрено решение жилищного вопроса на примере городов Иркутской области, где во второй половине XX в. началось строительство новых крупных промышленных и энергетических объектов: Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС, Ангаро-Усольского химического комплекса, БЛПК, БрАЗа, Коршуновского ГОКа и ряда других крупных объектов. Эксплуатация данных предприятий в районах нового промышленного освоения способствовала притоку рабочей силы. Население новых городов (Ангарск, Братск, Шелехов, Железногорск, Усть-Илимск) увеличивалось быстрыми темпами. Процесс урбанизации происходил очень интенсивно. Приезжающая на новостройки молодёжь готова была к определенным трудностям бытового характера. Но в дальнейшем многие из них обзаводились семьями, их не устраивало проживание в общежитиях, неблагоустроенных домах, на частных квартирах, возникала нужда в детских дошкольных учреждениях и во многом другом.

Наблюдавшееся отставание в развитии социально-бытовой инфраструктуры приходило в противоречие с возрастающими потребностями населения.

Создавая уникальные производственные мощности в Иркутской области, министерства и ведомства в приоритет ставили выпуск промышленной продукции, оставляя на будущее создание социальной инфраструктуры.

В условиях ведомственного управления народным хозяйством финансирование жилищного строительства осуществлялось преимущественно через министерства. Их руководство нередко рассматривало эти объекты как второстепенные, а основные средства стремилось направить на развитие промышленного производства. Жилищное строительство тормозилось недостаточным финансированием. Хотя государство выделяло на жилищное строительство определенные средства, но в отличие от отраслей промышленности и коммунального хозяйства, приносящих большие доходы и быстро окупающих затраченные на их развитие средства, расходы на жилищное строительство ничем не восполнялись. Они не покрывались квартирной платой, которая в нашей стране была невелика.

Анализ архивных статистических данных показал, что молодым семьям в Иркутской области предоставлялось всего лишь 5% вводимого жилья [1, л. 9]. Условия проживания людей были плохими. Например, в 1960 г. в городе Братске 601 семья работников предприятия «Ангарстроя» проживали в 908 вагонах, в том числе 120 детей, где площадь на одного проживающего составила 4 м^2 [2, л. 40]. В связи с тем, что в 1961 г. началось затопление Братского моря, на повестку дня встал вопрос о переселении людей из зоны затопления, а необходимого жилья не было. Данный вопрос пытались решить путем утверждения объема жилищного строительства. Так, строителям «Братскгэсстроя» поручалось, наряду со строительством Братской ГЭС и промышленной базы строительства, построить 500-600 тыс. кв. м жилой площади, 500 тыс. кв. м зданий культурно-бытового назначения и учреждений. Убрать с затопляемой площади 238 населенных пунктов, а также произвести планировку дна и берегов будущего водохранилища [3, л. 10]. Но жилищный вопрос так и не был решен. Это привело к текучести кадров. Расширение фронта работ требовало привлечения новых рабочих, а отсутствие жилья являлось серьезным препятствием этому. Руководства организации «Братскгэсстроя», в своей работе акцент делало на сооружение ГЭС, а строительство жилья и объектов культурно-бытового назначения считали делом второстепенным. Поэтому строительные материалы, механизмы и транспорт на строительство жилья выделялись во вторую очередь. Это был не верный подход к организации работы руководства данного предприятия. В результате произошел отток молодых специалистов из городов Иркутской области, например, Братска, Усть-Илимска [4, л. 14].

Строительство жилья в городах Иркутской области осуществлялось следующими методами.

Во-первых, методом народной стройки. Суть его состояла в том, что жилые дома и некоторые объекты соцкультбыта возводились за счет внутренних

ресурсов предприятий, силами их трудовых коллективов. Важно отметить, что в жилищном и культурно-бытовом строительстве участвовали не только крупные, но и сравнительно небольшие заводы и фабрики. Метод народной стройки был вынужденной мерой, его появление было обусловлено огромной потребностью населения в жилье и социально-бытовых учреждениях. Он позволил повысить темпы жилищного и культурно-бытового строительства. Тысячи семей в короткий срок были обеспечены новыми квартирами. Крупного успеха добились градостроители молодого города Ангарска. Они первыми в Иркутской области перешли к массовой застройке свободных территорий индивидуальными методами. Строители г. Ангарска постоянно перевыполняли государственные планы ввода в эксплуатацию жилых домов и неоднократно выходили победителями во Всесоюзном соцсоревновании. За это им присуждались переходящие Красные знамена и денежные премии Совета Министров СССР и ВЦСПС [5, с. 130].

Однако этот метод строительства имел недостатки: использовались материалы, выделенные на промышленное и государственное жилищное строительство, расходы нередко относили за счет оборотных средств, зарплату списывали за счет убытков предприятий или относили за счет себестоимости продукции. Это вызвало возражение со стороны финансовых органов и критику партийной печати. Кроме того, строительство «методом народной стройки» имело отрицательную сторону и с точки зрения архитектурного планирования городов, планомерности застройки, расходования строительных материалов.

Постепенно сооружение домов «методом народной стройки» стало сокращаться. Оно сыграло свою положительную роль в годы наибольшего недостатка жилья. Но для дальнейшего решения жилищного вопроса необходимо было находить другие более эффективные методы строительства [6, с. 156-157].

Во-вторых, строительство жилых домов осуществлялось индивидуальными застройщиками. В Иркутской области в год индивидуальные застройщик вводили по 200 тыс. кв. м жилья [7, л. 9]. Вопросы индивидуального строительства находились под повседневным контролем депутатов местных Советов и их комиссий. Индивидуальным застройщикам оказывалась помощь в виде консультаций, выделением транспорта, путем организации товарищеской помощи в сооружении домов. На отведенной для индивидуальных застройщиков территории бесплатно производилась планировка улиц и усадеб, осуществлялось строительство дорог, подвод электролиний, строительство магазинов [8, л. 6]. Так, в декабре 1961 г. на IV депутатской сессии восьмого созыва обсуждались вопросы о ходе жилищного и культурно-бытового строительства, и было отмечено, что в Братске для индивидуальных застройщиков выделены 4, 5, 6 и 7 микрорайоны И за короткий срок там появилось более тысячи индивидуальных домов. Это было значительным вкладом трудящихся в дело быстрого преодоления трудностей с жильем в районе новостроек [8, л. 6].

Индивидуальные застройщики испытывали немало трудностей. Многие жители Братска, Заярска, построившие дома на отведенных участках, жили

первые годы без радио, электричества, магазинов, школ, больниц. Братский горсовет, отведя участки под индивидуальную застройку, не организовывал строительства в этом районе культурно-бытовых объектов. Так, трест «Братскстрой» не справлялся со своими задачами по благоустройству этих микрорайонов [9, л. 9]. Начиная с 1960-х гг. количество индивидуальных застройщиков сокращается. Имея положительные стороны в разрешении жилищного вопроса, индивидуальное строительство обнаружило ряд крупных недостатков: мешало осуществлять плановую застройку городов, вело к растяжке городских коммуникаций и не позволяло обеспечить современный уровень благоустройства квартир и кварталов.

На Всесоюзном собрании молодых строителей, проходившем в Кремле 9 марта 1961 г. от имени строителей г. Братска бригадир бригады коммунистического труда Ю. Гангада сказал: «В Братске многое сделано за прошедшие годы. Построены благоустроенные дома, в которых проживает 60 тыс. человек. Быстрыми темпами строится плотина ГЭС. Введено в строй много бытовых объектов. Построено 3 многоквартирных дома для молодоженов… И все же вопрос с жильем и культурно-бытовыми объектами в Братске стоит остро. Происходит это из-за того, что нас до сих пор приравнивают к среднесоюзным нормам» [10, лл. 87-88]. Данные слова можно отнеси не только к Братску. Выполняя указание партии и правительства об ускоренном развитии наиболее прогрессивных отраслей промышленности и сельского хозяйства, целесообразно было, в первую очередь, обеспечить достаточным количеством жилья семьи работников указанных отраслей. Именно недостаток жилья вызывал текучесть рабочей силы, в том числе высококвалифицированных кадров. В связи с трудностями жилищного характера вначале 1970-х гг. наблюдается отток молодых специалистов из районов нового промышленного освоения.

В-третьих, в борьбе с недостатками индивидуального строительства возникла инициатива объединения индивидуальных застройщиков в кооперативы, которые смогли бы строить многоквартирные, благоустроенные дома. Однако этот вид строительства в Иркутской области не получил значительного распространения. В Иркутске к концу 1964 г. было построено всего 6 кооперативных домов на 420 квартир [11, л. 23].

Основными причинами недостаточного развития кооперативного строительства являлись суровые климатические условия, уровень реальной заработной платы, который в Иркутской области был ниже, чем ее средний уровень по РСФСР. Кроме того, например, в Иркутской области выше, чем в центре, были расходы: на отопление – на 90%, на одежду – на 18%; а рыночные цены в Сибири на 30% выше, чем в европейской части страны [12, л. 36]. Анализ архивных данных показал, что жизненный уровень по Иркутской области ниже, чем в центральных районах страны [13, л. 32-33]. Отметим также, что и в самой Иркутской области существовали территориальные различия в уровне жизни населения. Например, в Зиминско-Тулунском территориально-производственном комплексе (ТПК) на одного жителя приходилось на 17%

меньше жилой площади, чем в среднем по Иркутской области. Города Иркутской области по благоустройству жилого фонда отставали от среднего уровня по РСФСР почти по всем показателям: обеспеченности водопроводом, канализацией, центральным отоплением. Жилая площадь в расчете на одного жителя в Иркутской области росла медленнее, чем в центральных районах страны. Так, к 1960 г. по отдельным городам на одного жителя приходилось жилой площади: в Ангарске 3,7 кв. м, в Братске 2,8 кв. м, в Шелехове 3,5 кв. м, в Усть-Куте 4,0 кв. м. [14, л. 185]. Многие семьи проживали во временном жилье: бараках, вагонах-теплушках, палатках. В Бодайбинском промышленном районе, например, к 1960 г. списано за непригодность 42702 кв. м жилой площади, а построено новой к этому времени 25408 кв. м. [15, л. 134]. Необеспеченность жильем явилась основной причиной текучести населения.

В-четвертых, жилищная проблема в районах нового промышленного освоения решалась сооружением молодежных жилищных комплексов (МЖК). МЖК – это общественная организация, объединяющая на добровольных началах по месту жительства рабочую, инженерно-техническую молодежь и ставящая основной своей задачей поиск новых и совершенствование сложившихся форм социалистического общежития. Молодежный жилой комплекс представлял собой жилые дома, объекты социального, культурно-бытового и спортивного назначения, предназначенные для проживания и обслуживания рабочих и служащих, принимавших непосредственное участие в их возведении.

Решение о создании МЖК было принято на заседании горисполкома Иркутска 19 ноября 1985 г. На данном заседании Иркутский городской комитет ВЛКСМ объявил строительство МЖК ударной стройкой, утвердил основные положения соревнования среди будущих членов комсомольско-молодежного строительного отряда [16, с. 2]. Создавались МЖК в Иркутске на средства предприятий-дольщиков, которые они выделяли для своих молодых работников из дополнительных фондов предприятий на жилищное строительство. С каждым из желающих строить свой дом предприятие заключало договор-обязательство, по которому член отряда МЖК обязуется отработать на строительстве полтора года. А предприятие сохраняло за ним рабочее место и после окончания срока предоставляло квартиру в МЖК. Полуторагодичный срок был установлен с таким расчетом, чтобы каждый член отряда выполнил объем работ в несколько раз больший, чем нужно для строительства его квартиры. Каждый построит как бы 3-4 квартиры. Одну для себя, другие – для города. МЖК отчислял 2% готовых квартир [17, с. 1].

Первые дома в рамках МЖК в Иркутской области были построены в городах Ангарске и Братске в декабре 1986 г. [18, с. 1]. К февралю 1987 г. в Иркутской области действовало 8 оргкомитетов и инициативных групп МЖК, было сдано 300 квартир, освоено около 7 млн. руб. капиталовложений [19, с. 1]. Отряды МЖК быстрее появлялись там, где были крупные строительные мощности. Один из первых отрядов в г. Братске по инициативе комитета комсомола был создан в «Братскгэсстрое». СУ «Братскгэсстрой» насчитывало молодых

рабочих в возрасте до 30 лет более 8000 человек. Из них более 60% нуждалось в улучшении жилищных условий, 40% нуждалось в дошкольных учреждениях. Впервые предложение об организации МЖК прозвучало на отчетно-выборной комсомольской конференции «Братскгэсстроя» в 1984 г. Эта организация стала и заказчиком и подрядчиком строительства жилья для молодежи. Учитывая, что наряду с решением жилищной проблемы молодежи, МЖК решало целый комплекс социальных задач, способствовало сплочению трудового коллектива, руководство «Братскгэсстроя» приняло решение одобрить инициативу комсомольской организации «Братскгэсстроя» в г. Братске по строительству МЖК. В соответствии с приказом Минэнерго СССР № 372 от 20.09.1985 г.: «Строительство объектов МЖК Братскгэсстроя поручить Управлению строительства г. Братска (УСГБ) на правах генподрядчика. Отделу ТОГС (Т. Шевченко) разработать программу социального развития МЖК и сдать в отдел социального развития МЖК. Выделить на строительство МЖК из перечня объектов строительства Братскгэсстроя жилой дом № 5а-03, руководителям подразделений Братскгэсстроя направить бойцов МЖК переводом в УСГБ» [20, л. 13]. Подготовительная работа по созданию и утверждению руководящих органов МЖК осуществлялась комитетом ВЛКСМ «Братскгэсстроя» [21, л. 18].

В Железногорске-Илимском заказчиком и подрядчиком строительства жилья для молодежи был Коршуновский ГОК [22, л. 23], в Усть-Илимске до 1987 г. – производственное объединение «Усть-Илимский лесопромышленный комплекс» (УИЛПК) и БГС, а с 1987 г. в решение жилищных программ стали участвовать почти все строительные организации и предприятия города. За звание бойца строительного отряда МЖК в Усть-Илимске боролись 1063 человека в возрасте от 20 до 36 лет. Среди претендентов 73% составляла семейная молодежь, имевшая 856 детей. Социальные вопросы г. Усть-Илимска решались одновременно с производственным строительством, а застройка велась по генеральному плану. В Усть-Илимске был единый проектировщик, заказчик и подрядчик. Застраивался город комплексно, вместе с жильем в новых микрорайонах сдавались школы, детские дошкольные учреждения, магазины, предприятия общественного питания, бытового обслуживания. Сама идея создания МЖК в Усть-Илимске появилась в 1985 г. Комсомольцы ездили за опытом в Свердловск. После этого началось активное строительство МЖК [23, с. 2].

Была организована широкая пропагандистская работа по вовлечению комсомольцев и молодежи в создание МЖК. Был организован пресс-центр оргкомитета МЖК «Братскгэсстроя», который сотрудничал с газетам [24, с. 3]. Средства массовой информации активно освещали деятельность МЖК. На данном предприятии был создан специальный уголок МЖК, где фиксировались все события, происходящие в заводском штабе, в оргкомитете МЖК «Братскгэсстроя», сообщались итоги соцсоревнования [25, с. 2]. Во всесоюзном центре МЖК при ЦК ВЛКСМ работал общественный корреспондентский пункт ТАСС. Его задача – организовать обмен информацией между оргкомитетами строек, а также сообщать обо всех новациях, успехах и проблемах создателей МЖК.

Корпункт МЖК-ТАСС возглавил заместитель руководителя центра МЖК Александр Дмитриев [26, с. 1].

Отбор кандидатов производился на конкурсной основе. Для этого на предприятиях организовывалось соревнование за право стать членом МЖК. Критерии отбора: производственная активность, производительность и качество труда, рационализаторство и изобретательство, общественная активность, трудовая дисциплина. Участниками создания МЖК могли быть молодые рабочие и специалисты, служащие, инженерно-технические работники, имеющие стаж работы на данном предприятии не менее 2 лет, нуждающиеся в улучшении жилищных условий, победившие в социалистическом соревновании за право быть членом комсомольско-молодежных строительных отрядов, прошедшие обучение правил техники безопасности и строительной специальности, признающие Устав МЖК. Заявление о приеме кандидатом с члены МЖК подавалось в штаб МЖК предприятия молодым рабочим и специалистом, инженерно-техническим работником.

Работа в составе комсомольско-молодежных отрядов осуществлялась следующими путями:

1. Временным переводом работников предприятий-дольщиков на работу на другие предприятия (в организации), ведущие или обеспечивающие строительство МЖК. Предприятия и организации, в которые указанные работники переведены для выполнения работ по созданию МЖК, заключали с ним срочные трудовые договоры. При этом не прерывался трудовой стаж по основному месту работы, дающий право на льготы и преимущества, предусмотренные законодательством;

2. Временного перевода работников на другую работу или перемещение на другое рабочее место на тех же предприятиях (в организациях), ведущих или обеспечивающих строительство МЖК;

3. Выполнения производственных заданий (с том числе в свободное от основной работы время без увеличения оплаты за их выполнение) без перевода на другую работу или перемещения на другое рабочее место;

4. Заключения с предприятиями (организациями), ведущими или обеспечивающими строительство комплексов, срочного трудового договора на условиях совместительства.

Участники строительства МЖК заключали с администрацией и профсоюзными органами предприятий-дольщиков или предприятий, ведущих строительство МЖК хозяйственным способом, договор-обязательство о предоставлении им жилой площади в домах МЖК при условии полного своевременного и качественного выполнения работ, предусмотренных конкретной формой трудового участия.

Объем необходимого трудового участия молодежи в создании МЖК и сроки выполнения работ устанавливались в случаях, когда трудовое участие молодежи в создании МЖК осуществлялось путем выполнения проектных и других работ. Также объем необходимого трудового участия молодежи опреде-

лялся по согласованию с соответствующими проектными организациями и другими заинтересованными организациями. Выплата заработной платы работникам МЖК производились за фактически выполненные объемы работ.

Формирование молодежных строительных отрядов (участков, бригад) МЖК заверялось Советом МЖК за два месяца до начала производственных работ на объекте, а их численность и состав определялся в соответствии с объемами и характером работ.

Посвящение в бойцы МЖК проходило в торжественной обстановке. В Центральном районе города Братска за право участвовать в отряде МЖК боролись 950 молодых работников БЛПК и БрАЗа. И его бойцами смогли стать только 32 человека, которые образовали отряд «Радикал» Данный отряд начал работать с апреля 1987 г. Заказчиком выступила Дирекция по строительству города, часть средств должна была поступать из областного бюджета. Братский алюминиевый завод ежегодно направлял не менее 500 тыс. руб. на строительство МЖК, тем самым решал вопрос обеспечения жильем наиболее добросовестных, активно занимающихся общественной жизнью молодежь [27, с. 2]. Уже в марте 1988 г. МЖК «Радикал» построил дом, в который вселилась 81 семья. Всего к 1987 г. в г. Братске было сформировано три коллектива МЖК: Центрального управления, «Братскгэсстрой», управления «Ангарстрой». В 1988 г. в Иркутской области сдано 515 квартир, в том числе в Иркутске – 120 квартир [28, л. 31], в Братске – 80 квартир [29, л. 3]. В Саянске рабочие Зиминского химического завода и Восточносибирского управления строительства в рамках МЖК построили первый дом на 500 семей [19, с. 1]. За период 1989 г. «Братскгэсстрой» сдал 83 квартиры из запланированных 164, МЖК в центральном районе 81 квартиру из запланированных 162 [30, л. 21].

Финансирование МЖК осуществляли Министерства целевым назначением сверх плана, по просьбам самих предприятий, желающих участвовать в строительстве. Коллектив МЖК обладал собственными денежными средствами, которые состояли из:

1) добровольных взносов членов коллектива молодежного жилого комплекса в размерах, установленных общим собранием (конференцией) членов МЖК. Например, кандидаты в члены МЖК в г. Братске платили вступительные взносы – 10 руб.

2) доходов от хозяйственной деятельности коллектива МЖК (оказание платных услуг населению, выполнение работ по договорам с организациями и др.). Например, строители МЖК Братского алюминиевого завода организовали цеха пошива детской одежды повышенного спроса, радиомастерские, телемастерские.

3) субботники. Строители МЖК Братского алюминиевого завода (бригадир Д. Логвиненко) выполняли работы по отдельному наряду, а девушки красили ограду и надворные постройки готовящегося к сдаче детского сада, занимались ремонтом помещений детского комбината. Все заработанные деньги переводились на счет оргкомитета городского МЖК, в сектор соцкультбытат [31, с. 3].

Анализ архивных документов показал, что недостатки в жилищном строительстве существовали. Очень часто происходило перераспределение средств на строительство МЖК. В основном это перераспределение происходило в сторону крупных городов. Так, на областном партийном Пленуме в декабре 1987 г., первый секретарь Братского ГК КПСС Б. А. Гетманский обвинил облисполком в бюрократическом отношении к нуждам и запросам города Братска. «Нам так и никто не объяснил, почему к Братску применен этот волевой прием. Мы понимаем необходимость оказания, помощи другим городам, но решать проблемы, скажем Иркутска или Кызыла за счет уменьшения строительства жилья и объектов соцкультбыта в Братске в корне неверно» [32, л. 7]. В итоге план введения жилья был сорван по Иркутской области в целом, по Братску в частности. В Усть-Илимске МЖК уже начал строиться, но при этом не был решен вопрос финансирования: как заказчик, так и горисполком не вложили свои доли. Отсюда неясность с соцкультбытом и проектированием второй очереди МЖК. В Усолье-Сибирском администрация завода горного оборудования, который являлся «пайщиком», не выделил деньги на строительство, которое уже началось. В Шелехове дело тормозилось из-за медлительности руководства алюминиевого завода. Не был подписан договор с «Иркутскгражданстрой» по комплектации заводских домов. В г. Иркутске члены МЖК «Байкал» были рассредоточены по объектам города, хотя в СУ-7 существовал специальный поток МЖК. В Ленинском районе г. Иркутска члены МЖК не могли выполнить «привязку» проекта из-за библиотеки, которую их обязывали строить, не выделяя на это средства. В г. Зима руководство управления ВСЖД не хотело включать в план строительства 30-квартирной блок-секции.

С развитием движения МЖК стали постоянно организовываться встречи, конференции, семинары, «круглые столы» по проблемам строительства. Так, в 1986 г. в Свердловске прошел всесоюзный семинар-совещание по проблемам строительства и организации деятельности МЖК. Иркутскую область представляла делегация из гг. Братска, Усть-Илимска, Ангарска, Иркутска. В 1986 г. в комитете комсомола «Братскгэсстроя» состоялась встреча представителей оргкомитетов МЖК Братска, Ангарска, Иркутска. Цель встречи – обмен опытом строительства МЖК. Итогом данной встречи стало создание областного координационного центра МЖК при обкоме ВЛКСМ [33, с. 1]. В 1988 г. произошли два важных события, во-первых, на турбазе «Прибайкальская» прошла всесоюзная научно-практическая конференция МЖК. Активное участие в данной конференции приняли не только представители МЖК Иркутской области, но и гости из Москвы, Омска, Владивостока, Ярославля, Волгограда, Свердловска и т.д. Тема данной конференции - «Коллектив МЖК». Во-вторых, прошел областной семинар руководителей МЖК, где рассматривались перспективы МЖК. Особое внимание было уделено развитию хозяйственной деятельности в молодежных компаниях. Акцент был сделан на новые формы хозяйственной деятельности МЖК в г. Ангарске. Именно в Ангарске, во-первых, применялся принцип хозрасчета – самостоятельно зарабатывать деньги по средствам за-

ключения договоров, в основном, на ремонт зданий, с предприятиями, учреждениями путем организации субботников, которые приносили помощь городу (а МЖК – деньги). Во-вторых, при ангарском МЖК создана фирма «Поиск», которая занималась внедрением изобретений, рацпредложений, проведением научно-технических и патенто-информационных работ. Определенный процент прибыли от разработок и их внедрения поступал в кассу МЖК. В-третьих, был организован кооператив по оказанию платных услуг населению города: ремонт радиоаппаратуры, установка смесителей, обивка дверей, ремонт и сборка мебели, доставка вещей. В-четвертых, при МЖК были созданы хозрасчетные клубы, объединения, которые занимались организацией досуга (танцевальные вечера, организация футбольного клуба, создание клуба «Хозяюшка», который изготовлял кулинарные изделия, имеющие спрос у горожан).

Движение МЖК как форма социальной активности молодежи в годы перестройки испытывало значительные трудности. Инициативу молодежи, губила ведомственная разобщенность, распыленность средств, нерасторопность ответственных работников, бюрократические проволочки на стадии оформления и согласования различных документов. Несмотря на наличие достаточных строительных возможностей, существовала неразбериха в отношениях «заказчик-подрядчик», так как они часто совпадали. Кроме того, в условиях постепенного ухудшения экономической ситуации, крупные строительные организации искали заказчиков за пределами своих городов, происходило распыление средств и строительных мощностей. Непростым было отношение к МЖК среди кадровых рабочих. Многие из них считали, что это отвлекает средства и ресурсы, предназначенные для строительства планового жилья, кроме того, создает вторую очередь.

Таким образом, промышленное освоение районов Иркутской области, стремительное развитие производительных сил привело к урбанизации данного региона. Общей чертой социальной структуры городов Иркутской области явилось преобладание людей в возрасте 18-30 лет. Это было связано с таким феноменом как комсомольские молодежные стройки. Строительство промышленных объектов не завершилось созданием социальной инфраструктуры территорий. Использование молодежи в промышленном производстве сэкономило государству значительные средства. Однако период палаток и бараков не мог быть бесконечным. И уже в 1960-е гг. актуальным стал жилищный вопрос, который решался в Иркутской области методами массовой застройки свободных территорий, народной стройки, строительством жилых домов индивидуальными застройщиками, развитием кооперативного строительства, МЖК. Советская общественно-политическая система накопила уникальный исторический опыт решения жилищной проблемы.

Список источников

1. Государственный архив новейшей истории Иркутской области (ГАНИИО), ф. 127, оп. 128, д. 351.

2. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-148, оп. 1, д. 183.
3. МУК «Музей истории БГС и г. Братска», ф. 7, оп. 1, д. 318.
4. ГАНИИО, ф. 5595, оп. 1, д. 5.
5. Королева Т. М. Молодежь Восточной Сибири (1950-е-1991 гг.): монография. – Братск: Изд-во БрГУ, 2016. – 374 с.
6. Королева Т. М. Участие молодежи в хозяйственной жизни Ангаро-Енисейского региона (1960-1980-е гг.): монография. – Иркутск: ИГУ, 2010. – 239 с.
7. ГАНИИО, ф. 127, оп. 73, д. 30.
8. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-83, оп. 1, д. 11.
9. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-90, оп. 1, д. 15.
10. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-83, оп. 1, д. 11.
11. ГАНИИО, ф. 185, оп. 37, д. 5.
12. ГАНИИО, ф. 127, оп. 58, д. 21.
13. Государственный архив Иркутской области (ГАИО), ф. р-1813, оп. 1, д. 1843.
14. ГАНИИО, ф. 127, оп. 50, д. 54.
15. ГАНИИО, ф. 127, оп. 61, д. 82.
16. Вилкова О. Курьер в «туманную даль». // Советская молодежь. - 1986. - 21 авг.
17. Кадникова М. Кто в доме хозяин?! // Советская молодежь. – 1988. – 26 апр.
18. Каминская Л., Гаращук В. Счастья первому дому! // Восточно-Сибирская правда. – 1987. – 4 янв.
19. Кирпичный первенец. // Советская молодежь. – 1988. – 26 апр.
20. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-83, оп. 1, д. 177.
21. ГАНИИО, ф. 6274, оп. 1, д. 14.
22. ГАНИИО, ф. 5595, оп. 1, д. 8.
23. Кадникова М. Как убедить неуступчивого директора. // Советская молодежь. – 1988. – 18 февр.
24. Скворцов В. Организовать пресс-центр. // Огни Ангары. – 1986. – 22 нояб.
25. Мурашова Э. Идея вызвала интерес. // Огни Ангары. – 1986. – 28 окт.
26. Еще один виток. // Советская молодежь. – 1988. – 9 февр.
27. Петров И. Квартира – 2000. // Красное Знамя. – 1988. – 11 февр.
28. ГАНИИО, ф. 127, оп. 33, д. 15.
29. ГАНИИО, ф. 4862, оп. 17, д. 19.
30. Архивный отдел администрации г. Братска, ф. Р-83, оп. 1, д. 196.
31. Шептякова Н. Есть такое мнение. // Братский металлург. – 1988. – 23 сент.
32. ГАНИИО, ф. 6274, оп. 1, д. 15.
33. Галичникова И. Встреча представителей оргкомитетов МЖК. // Огни Ангары. – 1986. – 17 июня.

УДК 628.32

ГЛАВА 12. ТЕХНОЛОГИЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ КАК МЕТОД ОЧИСТКИ СОЛЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Девяткова Анжелика Владимировна
начальник смены производства очистки сточных вод
ООО «ЗапСибНефтехим», г. Тобольск

Лосева Наталья Ивановна
к.х.н, доцент
Тобольский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

Аннотация: в статье рассмотрена технология ультрафильтрации, как наиболее современный метод очистки солесодержащих стоков от растворённых в них веществ. Доказано, что данная технология обеспечивает нужное качество исходной воды перед установкой обратного осмоса на нефтехимическом предприятии.
Ключевые слова: солесодержащие сточные воды, ультрафильтрация, баромембранное разделение, пермеат, концентрат.

ULTRAFILTRATION TECHNOLOGY AS A METHOD OF PURIFICATION OF SALINE WASTEWATER

Devyatkova Angelika Vladimirovna,
Loseva Natalia Ivanovna

Abstract: the article considers ultrafiltration technology as the most modern method of cleaning saline effluents from substances dissolved in them. It is proved that this technology provides the necessary quality of the source water before installing reverse osmosis at a petrochemical enterprise.
Keywords: saline wastewater, ultrafiltration, baromembrane separation, permeate, concentrate.

За последние годы за рубежом были проведены многочисленные опыты по эксплуатации установок ультрафильтрации, предназначенных для получения питьевой и технической воды их поверхностных источников. Интенсивное развитие подобных систем вызвано повышением нормативных требований к качеству очищаемой воды, ухудшением экологического и бактериального состояния водоемов, поиском новых высокотехнологичных способов очистки воды. Основной целью системы очистки солесодержащих сточных вод перед установкой обратного осмоса является производство воды высокого качества при любых возможных колебаниях состава воды в источнике. Это требует постоян-

ного контроля качества исходной воды и коррекции режима работы установки. Особенно это касается процесса коагуляции примесей воды, когда необходимо определять дозу коагулянта, степень подщелачивания исходной воды и pH обработанной воды.

Способы очистки воды на действующих предприятиях России – песчаные, сорбционные, дисковые фильтры для механической очистки, процессы коагуляции и флотации – не обеспечивают в большинстве случаев необходимую эффективность очистки промышленных стоков от хлоридов, сульфатов и химического потребления кислорода, коэффициента, показывающего степень загрязнения стоков микробиологией.

Для решения данной проблемы очистки стоков особый интерес представляют мембранные методы разделения – обратный осмос, ультрафильтрация и микрофильтрация, позволяющие очищать воду от солей, органических веществ, коллоидов и взвесей, ХПК, сульфатов и хлоридов [1].

Баромембранные способы водоподготовки, такие как ультрафильтрация и обратный осмос, промышленное применение которых началось примерно с 1990-х гг., в настоящее время применяются практически во всех отраслях промышленности с замкнутой системой водоснабжения и концепцией «нулевой сброс в водоемы».

Мембраны, как и другие фильтрующие материалы, можно рассматривать как полупроницаемые среды: они пропускают воду, но не пропускают растворенные вещества. Если обычное фильтрование применяют для удаления из воды относительно крупных образований – дисперсных и крупных коллоидных примесей и взвешенных частиц, то баромембранные технологии ультрафильтрации и обратного осмоса – для извлечения мелких коллоидных частиц и растворенных соединений. Для этого мембраны должны иметь поры очень малого размера.

Движущей силой, заставляющей жидкость проникать через полупроницаемую мембрану, может быть:

а) баромембранное давление;

б) разница концентраций растворенных веществ;

в) разница температур по обе стороны перегородки;

г) электродвижущая сила.

Основное отличие мембран от обычных фильтрующих сред состоит в том, что они тонкие, и удаляемые примеси задерживаются не в объеме, а только на поверхности полупроницаемой мембраны.

Казалось бы, мембрана должна быстро засориться и перестать пропускать воду. Но в мембранном модуле происходит постоянный сброс концентрата (веществ, задержанных на поверхности мембраны). Качество пермеата (фильтрата) и концентрата зависит от селективности мембраны.

Для этого применяется так называемая «тангенциальная» схема движения воды в аппарате, при которой собирают воду с обеих сторон мембраны: одна часть потока проходит через мембрану и образует фильтрат (пермеат), т.е. очищенную воду, а другую направляют вдоль поверхности мембраны, чтобы

смывать задержанные примеси и удалять их из зоны фильтрации. Эта часть потока называется концентратом (ретентатом), и обычно её либо сбрасывают в дренаж, либо отводят для дальнейшей обработки и выделения нужных компонентов. Таким образом, узел мембранной фильтрации имеет один вход и два выхода, и часть воды постоянно расходуется на очистку мембраны.

С точки зрения технологических возможностей различают мембраны для ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса.

Ультрафильтрация воды применяется для очистки жидкости от белков, высокомолекулярных органических соединений. Установки способны частично задерживать вирусы и бактерии. Выполняется очистка от тонкодисперсных механических примесей.

Достаточно широкие возможности метода обусловливают его широкую востребованность в различных отраслях:

- подготовка питающей воды в установках умягчения и обратного осмоса (котельные, бойлерные, теплообменное оборудование);
- очистка потока воды из открытых источников от бактерий и вирусов (подготовка питьевой и технологической воды);
- очистка производственных стоков.

Таким образом, актуальность исследования была обусловлена необходимостью модернизации технологических процессов предварительной очистки солесодержащих стоков в соответствии с современными требованиями экономичности и рентабельности.

Цель работы заключалась в изучении возможной модернизации узла предварительной очистки солесодержащего стока перед установкой обратного осмоса на нефтегазоперерабатывающем предприятии.

Объект исследования – установка ультрафильтрации.

Предмет исследования – процесс баромембранного разделения стока.

Мембранные методы разделения солесодержащих стоков на пермеат и концентрат занимают важное место в нефтехимической промышленности России. Мембранные методы очистки воды, такие как обратный осмос и ультрафильтрация все больше интересуют нефтехимические предприятия для применения и модернизации действующих установок очистки солесодержащих стоков.

Обратноосмотический метод разделения солесодержащих стоков основан на фильтровании растворов через полупроницаемую мембрану под высоким давлением, через мембрану проходит растворитель, но удерживает растворенные вещества и бактерии. Количество задержанных бактерий характеризует селективность мембраны.

Разделение проходит при температуре окружающей среды без фазовых превращений, поэтому затраты энергии значительно меньше, чем в большинстве других методов разделения (таких как ректификация, кристаллизация, выпаривание и другие). Малая энергоёмкость и сравнительная простота аппаратурного оформления обеспечивают высокую экономическую эффективность указанного процесса [1].

Действующие схемы предварительной очистки солесодержащего стока не обеспечивают нужную очистку от хлоридов, сульфатов и химического потребления кислорода, коэффициента показывающего загрязнения стоков микробиологией.

Повышенное содержание ХПК в исходном стоке, поступающем на установку обратного осмоса, негативно влияет на её эксплуатационные характеристики, обрастание мембран микробиологией, снижает производительность мембран и ухудшает качество пермеата [2].

Повышенное содержание сульфатов снижает селективность мембраны, а хлоридов – разрушает селективный слой мембраны. Взвешенные вещества в свою очередь накапливаются на поверхности мембраны, повышая перепад баромембранного давления, и снижают время межпромывочного интервала установки обратного осмоса.

Для анализа показателей очистки стоков на действующей установке и на предложенной модернизированной схеме были рассмотрены основные характеристики работы дисковых фильтров, процесса флотации, песчаных и сорбционных фильтров, установки ультрафильтрации, основные показатели стоков до и после очистки на указанном оборудовании.

Механическая очистка стоков на дисковых фильтрах. Фильтр дисковый представляет собой самотечный многодисковый фильтр, главным образом предназначенный для очистки сточных вод или иных видов механической фильтрации (рис. 1).

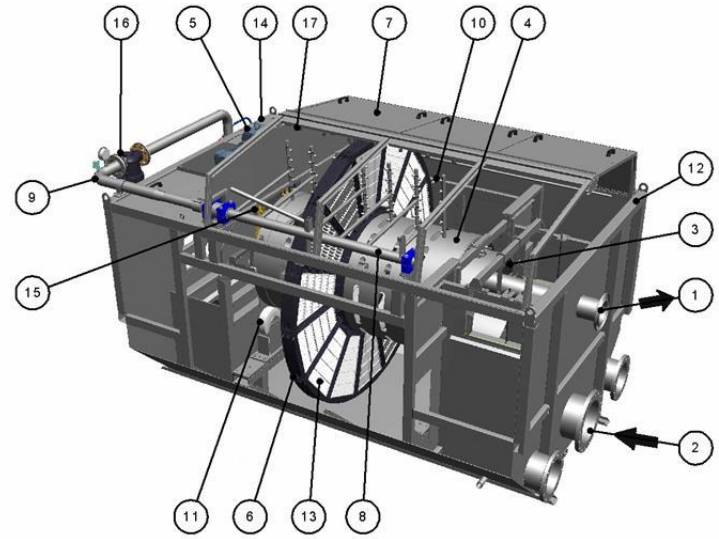


Рис. 1. Устройство дискового фильтра:
1 – обратная промывка через выпускное отверстие; 2 – впуск; 3 – уплотнение барабана/входящего потока; 4 – барабан; 5 – привод барабана; 6 – диск; 7 – крышки; 8 – панели фильтрации/коллектор распылительных стоек; 9 – панели фильтрации/стойка распыления промывочной воды; 10 – распылительные форсунки; 11 – барабанные ролики; 12 – рама; 13 – панели фильтрации; 14 – насос воды обратной промывки; 15 – цепной привод; 16 – сетчатый фильтр; 17 – оросительная труба для безразборной мойки

Принцип работы дискового фильтра показан на рис.2.

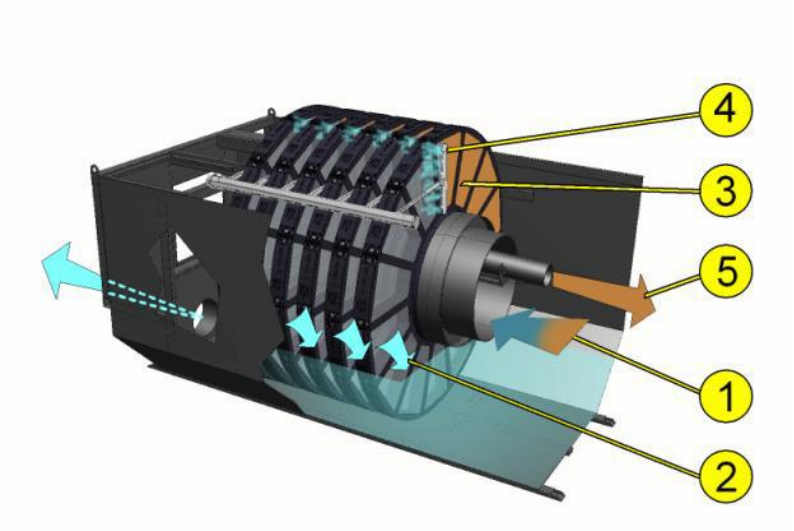


Рис. 2. Принцип работы дискового фильтра

1. Вода, подлежащая фильтрации, поступает в центральный барабан.
2. Вода фильтруется через панели. Разница в уровне воды внутри и снаружи панелей фильтрации обеспечивает давление, необходимое для фильтрации.
3. Твёрдые частицы в воде скапливаются на панелях фильтрации и поднимаются в промывочную зону в результате вращения барабана. Фильтр вращается попеременно или постоянно в соответствии с типом контроля и/или количеством отфильтрованных взвешенных твёрдых частиц.
4. Форсунки распыляют воду за пределами панелей фильтрации. Удалённые твёрдые частицы и промывочная вода поступают в лоток обратной промывки.
5. Промывочная вода, содержащая удалённые твёрдые частицы, удаляются самотёком.

Из всех видов фильтров грубой очистки дисковые разновидности считаются самыми инновационными и экономичными. Эти устройства предназначены для очистки воды от твёрдых механических примесей и характеризуются повышенной грязеёмкостью и производительностью.

Механическим фильтрам отводится важная роль в любой системе очистки воды. Именно они сдерживают большую часть нерастворимых в воде веществ и обеспечивают нормальное протекание последующих этапов подготовки: сорбции, ионного обмена, обратного осмоса и т.п. Есть несколько подходов к удалению твёрдых примесей [3].

Конструкция дисковых фильтров имеет ряд преимуществ перед сетчатыми моделями и патронными фильтрами:

- они из пластика, а значит не подвержены коррозии;
- конструкция простая, надежная и долговечная – в ней нечему ломаться;
- большой выбор по тонкости фильтрации: от 500 до 5 мкм;
- простые обслуживание и промывка;
- высокая грязеёмкость;

- возможность ручной и автоматической промывки.

Есть и недостаток – дисковые фильтры не применяют при давлении воды свыше 10 атм. Это обусловлено материалом корпуса. Пластик подвержен старению, со временем в нем образуются микротрещины, корпус устает и может разрушиться под действием гидроудара. Этим же объясняется рекомендуемый срок службы, который в среднем составляет 5 лет.

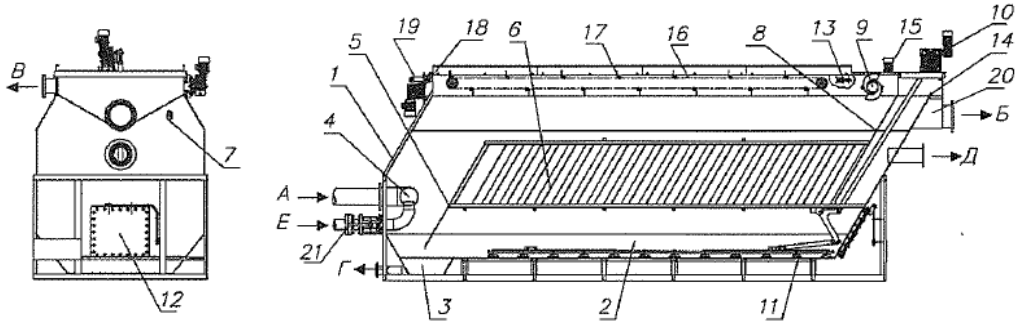


Рис.3. Общий вид флотационной камеры ФН-320:
А – подача исходной воды; Б – отвод очищенной воды; В – отвод флотопены;Г – отвод осадка; Д – очищенная вода на сатурацию; Е – подвод сатурированной воды; 1 – корпус; 2 – шламоуплотнитель; 3 – приямок; 4 – распределительное устройство; 5 – отбойник; 6 – ламели; 7 – сигнализатор уровня; 8 – полупогружная перегородка; 9 – барабан спиральный; 10 – мотор-редуктор донного скребка; 11 – данный скребок; 12 – ревизионный люк; 13 – механизм натяжения цепи скребкового транспортёра; 14 – переливная зубчатая кромка; 15 – мотор-редуктор спирального барабана; 16 – скребковый транспортер; 17 – скребки; 18 – мотор-редуктор скребкового транспортера; 19 – механизм натяжения приводной цепи; 20 – переливной карман; 21 – расходное сопло

Флотационный способ очистки стоков. Флотация – это один из способов, применяемых для очистки сточных вод. Её целью является вывод на поверхность различных взвесей и других веществ, которые имеют плотность близкую к воде и не способны оседать.

В толще воды плавают различные мелкие твёрдые частицы, коллоидные взвеси и другие примеси, которые не оседают. Флотацию применяют для очищения сточных вод от ПАВ, нефтепродуктов, жиров, волокнистых веществ и взвесей активного ила.

Каждая установка флотации состоит из двух блоков: флотационная камера с механизмом удаления пены, узел подготовки сатурированной воды. Флотаторы работают в проточном режиме. Отвод очищенных стоков производится самотеком. Флотаторы работают по схеме с рециркуляцией части очищенной воды, насыщаемой воздухом.

Флотационная очистка позволяет избавить воду от масел, которые невозможно удалить другими способами.

Сколько бы преимуществ ни имела флотация, она не является самостоятельной и окончательной очисткой сточных вод. Это лишь один из этапов сложнейшего процесса, который позволяет удалить из воды большую часть нежелательных веществ

Недостатки флотационной очистки:

1. она удаляет далеко не все загрязнители, поскольку ее эффективность зависит от гидрофобности вещества;
2. часто приходится нести дополнительные затраты на внесение реагентов, которые улучшают качество пены и усиливают гидрофобность загрязнителей.

Обычно флотационную очистку используют после этапа отстойников, чтобы удалить те вещества, которые не подвержены осаждению. Общий вид флотационной камеры изображен на рис. 3.

Проведя комплексный анализ стоков до и после установки флотации по следующим показателям: ХПК, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, результаты которых указаны в табл. 1, можно сделать вывод, что установка флотации не обеспечивает требуемых показателей очистки стоков перед установкой обратного осмоса.

Таблица 1

Результаты анализа стока до и после установки флотации

Измеряемый показатель	Результаты анализа до установки флотации	Результаты анализа после установки флотации
ХПК	30	22
Сульфаты	550	490
Хлориды	170	140
Взвешенные вещества	300	150

Механическая очистка стоков на действующей схеме предприятия представлена на песчаных и сорбционных фильтрах (рис. 4).

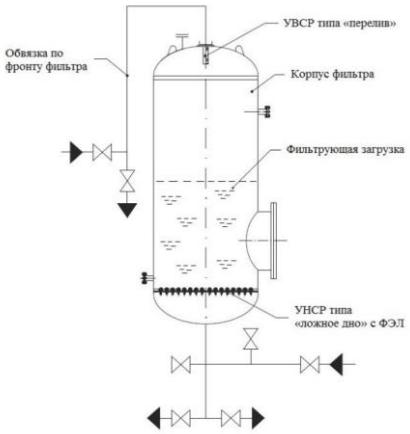


Рис. 4. Принципиальная схема песчаного и сорбционного фильтра

Работа фильтра заключается в периодическом осуществлении следующих операций:

а) фильтрование (осветление);

б) взрыхление и промывка фильтрующего материала;

в) сброс первого фильтрата перед включением в схему.

Фильтрование воды производится в направлении сверху вниз. Взрыхление фильтрующего материала производится в направлении, противоположном направлению рабочего потока, т.е. снизу вверх.

Для увеличения эффективности операции обратной промывки возможно применение взрыхления фильтрующей загрузки сжатым воздухом. Отработанные промывные воды сбрасываются в дренаж или используются повторно [4].

Процесс ультрафильтрации. Процесс мембранного фильтрования состоит в том, что жидкость под давлением проходит через полупроницаемую перегородку. При этом, в зависимости от размера отверстий в этой перегородке, через нее может проходить вода, растворённые неорганические (одно- и многовалентные ионы) и органические соединения, микрочастицы. Размер пор ультрафильтрационных мембран лежит в пределах от 1 мкм (верхний предел для нанофильтрационных мембран) до 0,05 мкм. Мембраны с размером пор более 0,1 мкм называются микрофильтрационными. Главное отличие мембраной фильтрации от обычного объёмного фильтрования заключается в том, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением. Для микрофильтрации, например, сопротивление осадка может быть значительно больше сопротивления мембраны.

Таким образом, важной задачей становится осуществление контроля и управление процессом накопления загрязнений на мембранах. Решение этой задачи заключается, во-первых, в создании такого режима работы мембранных аппаратов, при котором загрязнение мембран было бы минимальным, а во-вторых, в выборе подходящего материала мембраны, который был бы наименее чувствителен к загрязнениям, характерным для данного состава исходной воды. Кроме того, сама конструкция мембранного элемента должна позволять проводить гидравлические промывки мембраны смаксимальной эффективностью.

Для борьбы с ростом осадка над поверхностью мембраны создают дополнительный поток из обрабатываемой жидкости, который размывает накапливающийся осадок. Жидкость (концентрат), содержащая удаленные с поверхности мембраны загрязнения, выводится из разделительного аппарата. Для более эффективного удаления загрязнений с поверхности и из пор мембраны используют метод обратных промывок, при котором очищенную воду (фильтрат) пропускают через мембрану в направлении, обратном направлению фильтрования. Такие промывки производятся чаще, чем промывки обычных фильтров с зернистой загрузкой: для ультрафильтрационных мембран, предназначенных для очистки поверхностных вод, их частота колеблется от 1 до 4 раз в час, при этом

продолжительность промывки составляет всего от 10 до 60 секунд, поэтому объём сбрасываемой воды не превышает 5% от объёма фильтрата [5].

Среди основных преимуществ современной технологии ультрафильтрации обычно выделяют следующие:

- производство воды неизменно высокого качества;
- низкое потребление электроэнергии;
- отсутствие или малое потребление реагентов;
- компактность и простота монтажа, возможность полной автоматизации процесса очистки воды.

В настоящее время существует множество технологических решений в области обработки поверхностных вод методом ультрафильтрации.

Наиболее привлекательным вариантом использования ультрафильтрации является обработка воды непосредственно из поверхностных и подземных источников без применения дополнительных ступеней очистки.

Наиболее перспективной схемой для получения воды высокого качества из солесодержащих сточных вод является комбинация коагуляции и ультрафильтрации (рис. 5).

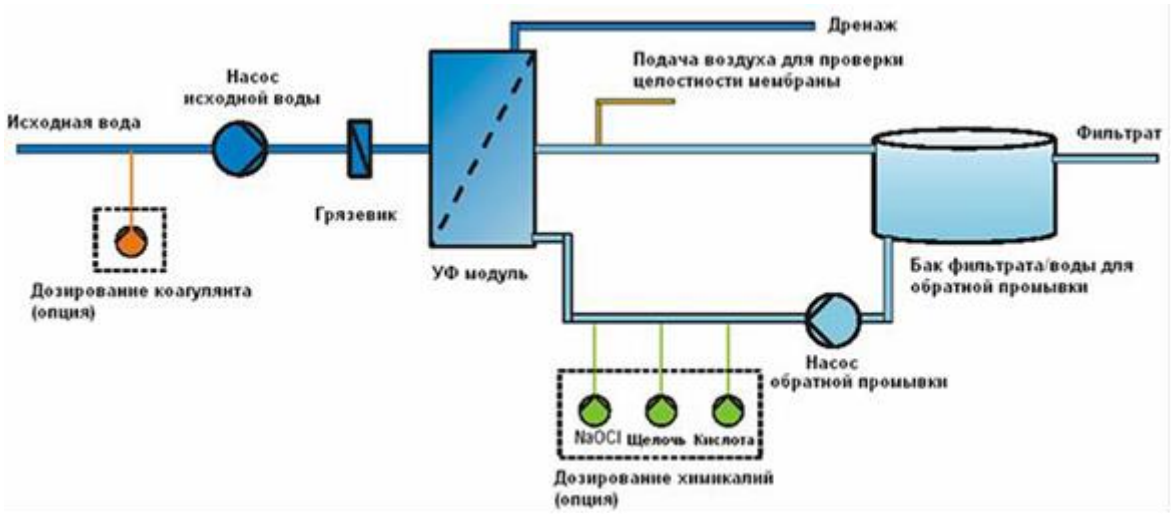


Рис. 5. Схема ультрафильтрационной очистки

Коагуляция позволяет установке работать с более высокой производительностью, так как коагуляция частично осветляет воду за счет образования агломератов из взвешенных веществ.

Характерная особенность такой схемы состоит в том, что коагулянт и/или флокулянт дозируется в воду непосредственно перед мембранными аппаратами, обычно во всасывающую линию рабочего насоса, который подаёт воду на ультрафильтрационную установку. Реакции гидролиза коагулянта и образование коллоидных гидроксидов алюминия и железа протекают очень быстро – в течение первых 30…180 секунд после добавления коагулянта в воду.

Коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности частичек гидроксидов. На этой стадии необходимо обеспечить быстрое пе-

ремешивание раствора, которое достигается путем прохождения воды через специальные турбулизаторы потока, расположенные в точке ввода, и далее – через подающий насос. Дальнейшее укрупнение хлопьев коагулянта не требуется, так как ультрафильтрационные мембраны хорошо задерживают даже мелкие коллоидные частицы гидроксида железа и алюминия. Подбор дозы коагулянта производится так же, как и для традиционной схемы, однако нет необходимости в получении крупных, хорошо оседающих хлопьев, поэтому доза коагулянта может быть ниже обычной. В большинстве случаев также отпадает необходимость в подщелачивании воды.

Таким образом, по сравнению с традиционной схемой снижается расход реагентов на очистку воды.

Одной из актуальных проблем технологии обратного осмоса с самого начала его применения была предочистка воды, подаваемой на мембранные аппараты. Основную трудность при эксплуатации систем обратного осмоса, помимо выпадения осадков солей, представляет загрязнение их тонкодисперсными коллоидными частицами (размером от 0,001 до 2 микрометров), которые неэффективно задерживаются обычными сооружениями очистки, включающими отстаивание и фильтрование на скорых фильтрах.

Использование метода ультрафильтрации для подготовки воды перед ее подачей на обратноосмотические установки даёт ряд преимуществ: возможность получить воду высокого качества независимо от колебаний качества исходной воды; отсутствие необходимости дозирования реагентов; одновременное обеззараживание воды; увеличение срока службы обратноосмотических аппаратов. Интегрированные системы, состоящие из отдельных модулей, позволяют использовать унифицированные блоки для обеих ступеней очистки.

Нами рассмотрена технология ультрафильтрации, как наиболее современный метод очистки солесодержащих стоков от растворённых в них веществ. Преимуществами данного метода в сравнении с флотацией и объёмной фильтрацией на песчаных и сорбционных фильтрах являются следующие параметры [6]:

– эффективная фильтрация воды;
– пониженное количество используемых реагентов;
– простая автоматизация;
– полное удаление взвешенных веществ;
– дезинфекция (удаление 99,99% бактерий и вирусов);
– осветление воды (снижение мутности и цветности воды);
– эффективное удаление коллоидного кремния и органических веществ;
– ультратонкая очистка воды (степень фильтрации 0,02 микрон).

Для выбора и обоснования технологической схемы производства в рамках данной работы, были проведены опытно-пилотные испытания технологии ультрафильтрации очистки воды перед установкой обратного осмоса.

Для подбора оптимальной работы опытно- промышленной установки был проведен анализ исходных стоков, поступающий на установку, указанный в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика исходного стока

Номер пробы	1	2	3
Перманганатная окисляемость, мгO_2/дм^3	5,52	6,2	5,88
Железо, мг/дм^3	0,7	0,89	0,47
Хлориды, мг/дм^3	98,5	102,2	126,48
Взвешенные вещества, мг/дм^3	5	2	5
ХПК, мгO_2/дм^3	22	33	21
Алюминий, мг/дм^3	0,2	0,12	1,69

По результатам работы установки частота кислотных промывок снижена с 6 раз в сутки до 4 раз. Количество промывок с замачиванием гипохлоритом снижено до 1 раза в сутки. Время фильтроцикла увеличено до 50 минут. При этом трансмембранное давление (ТМД) в конце фильтроцикла увеличивается на 0,1 атм. После проведения обратной промывки перепад давления на мембранном элементе не возвращается к первоначальному значению, прирост давления в среднем 0,015 атм. После кислотной промывки значение ТМД возвращается к первоначальному значению, при фильтрации через нижний порт – 0,23 атм, при фильтрации через верхний порт – 0,27 атм. В таком режиме установка проработала на протяжении всего времени испытаний. Результаты лабораторных анализов воды на выходе установки ультрафильтрации представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика ультрафильтрата

Номер пробы	1	2	3
Перманганатная окисляемость, мгO_2/дм^3	4,08	3,6	4,02
Железо, мг/дм^3	0,07	0,35	0,047
Хлориды, мг/дм^3	98,5	102,2	126,48
Взвешенные вещества, мг/дм^3	1	1	1
ХПК, мгO_2/дм^3	17	17	2
Алюминий, мг/дм^3	0,002	0,08	0,13

Согласно полученным данным, можно отметить в среднем снижение концентрации:

− соединений железа – 80 %;
− органических веществ (перманганатная окисляемость) – 25 %;
− органических веществ (ХПК) – 40%;
− соединений алюминия – 60%.

На основе вышеперечисленных данных и анализов стока на выходе из установки ультрафильтрации делаем вывод, что данная технология обеспечивает нужное качество исходной воды перед установкой обратного осмоса.

Список источников

1. Рябчиков, Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б. Е. Рябчиков. – Москва : ДеЛи принт, 2004. – 328 с.

2. Беликова, С. Е. Водоподготовка : Справочник / С. Е. Беликова. – Москва: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

3. Боровков, В. М. Теплотехническое оборудование / В. М. Боровков, А.А. Калютик, В. В. Сергеев. – Москва : Академия, 2015. – 192 с.

4. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учеб. пособие / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – Москва : АСВ, 2004. – 256 с.

5. Николадзе, И. Г. Водоснабжение : учебное пособие / И. Г. Николадзе, М.А. Сомов. – Москва : Стройиздат, 1995. – 688 с.

6. Девяткова, А.В. Модернизация узла предварительной очистки солесодержащих стоков перед установкой обратного осмоса: сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса / А.В. Девяткова, Н.И. Лосева. – Самара: НИЦ «Поволжская научная корпорация», 2022. – С. 82-86

© Девяткова А.В., Лосева Н.И., 2023

УДК 656.21

ГЛАВА 13. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Джаббаров Ш.Б.
к.т.н.,доцент,
Соболева И.Ю
и.о. доцента,
Иноятов К.Х.,
старший препод.,
Намозов С.Б.
ассистент кафедрқ “Вагонқ и вагонное хозяйство”.
Ташкентский государственный транспортный университет

Аннотация:Расчёт и проектирование высоты спускной части горки выполняется по существующему методу, согласно которому скорость движения вагона по уклону сортировочной горки определяют по формуле скорости падения тела по вертикали с учётом инерции вращающихся масс. Хотя при вертикальном падении вагона и речи не должно быть об инерции вращающихся масс.
Ключевые слова: техническая станция, вагон, колесная пара, тормозная позиция, скорость, ускорение.

В мире основной задачей сортировочной горки железнодорожных станций является переработка составов, а также формирование новых составов. Это во многом зависит от рационально спроектированного профиля спускной части сортировочной горки. В этом отношении при расчете и пректировании спускной части особенное внимание уделяется проведению анализа существующих методов определения скорости движения вагона по уклону сортировочной горки выражением скорости падения тела по вертикали с учетом инерции вращающихся масс, а также разработке на этой основе усовершенствованных методов с учетом того, что при вертикальном падении не возникнет инерции вращающихся масс.

Исходя из мирового опыта, анализ ряда теоретических и практических исследований по развитию сортировочных станций в транспортно-технологической системе, на основе технико-технологических характеристик процесса движения вагона на уклоне горки дает возможность утверждать, что еще не разработаны расчетные решения и математические модели этого процесса.

В Республике Узбекистан осуществляется Программа по развитию и модернизации инженерно-коммуникационных и дорожно-транспортных инфраструктур, направленная на разработку единого комплекса стратегий в секторе развития сферы национального транспорта, отвечающего международным требованиям и нормам, а также на обеспечение широкой интеграции международной транспортной коммуникации с учетом потребности в перспективе продвижения товара отечественных производителей на мировые и внутренние рынки. В 2018-2022 гг. в мероприятиях по совершенствованию транспортной структуры, "... в целом в сфере железнодорожного транспорта поставлены задачи по повышению безопасности и качества услуг железнодорожного транспорта, строительству новой железнодорожной магистрали, повышению уровня электрофикации железнодорожного транспорта, продолжению формирования международных транспортных коридоров и совершенствованию их деятельности в целях внедрения государственных внешне-торговых грузов на основной мировой рынок, применению гибкой тарифной политики, повышению инвестиционной привлекательности сферы, совершенствованию логистических услуг, а также, путём рационализации сотрудничества между различными видами транспорта, создать необходимые условия для интенсивного развития железнодорожной сферы Республики Узбекистан". Реализация поставленных задач, в том числе разработка оптимальных упрощенных методов расчета по проектированию уклона сортировочной горки, обеспечивающая ускоренную работу по переработке подвижного состава и составлению новых составов является одной из важных задач.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, ОБОРУДОВАННЫХ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКОЙ

Повышение качества работы железнодорожного транспорта требует ускорения перевозочного процесса, эффективного использования технических мощностей участков, узлов, отдельных станций. Особая роль здесь принадлежит, железнодорожным сортировочным станциям Сортировочные станции предназначены главным образом для массовой переработки вагонов. На сортировочных станциях формируют сквозные, участковые, сборные, участково-сборные, вывозные и передаточные поезда, и также выполняются операции с транзитными грузовыми поездами, ремонт и экипировку локомотивов, ремонт и техническое обслуживание вагонов, сортировку транзитных и мелких отправок и др.

Условия переработки вагонопотоков в значительной степени зависят от числа и взаимного расположения станционных парков. Наилучшие условия имеют место в тех сортировочных системах станции, где при прочих равных условиях станционные парки – прибытия, сортировки, отправления. – расположены последовательно. Однако имеются системы, где отсутствуют парки отправления или два, либо даже все три парка расположены параллельно.

Обратим внимание на следующие особенности. На сортировочных станциях стран СНГ 62% всех систем имеют последовательное расположение парков прибытия и сортировочного. Сортировочные и отправочные парки располагаются последовательно значительно реже 37%.

В странах СНГ довольно значительное число станций с двумя сортировочными системами – почти 1/3 из общего числа рассмотренных станций. На первый взгляд может показаться, что это хорошо, так как свидетельствует о большом числе сортировочных устройств на станциях, но более детальный анализ показывает, что в 50% случаев такие системы имеют сортировочные устройства с небольшой переработкой вагонопотока. Это является результатом исторически сложившейся на многих сортировочных станциях распыленной переработки вагонов на вытяжных путях, примерно на 20% сортировочных станций расформирование составов осуществляется на вытяжных путях.

На дорогах Узбекистана имеются три сортировочные станции (станции «Ч», «Х», «К»), две с последовательным, а станция «К» построена по последовательной схеме, однако функционирует только система парк приёма и сортировочный, из-за отсутствия достаточной мощности вагонопотоков. Была еще одна сортировочная горка на станции «Б», и при реконструкции она была разобрана, но сейчас стоит вопрос о её строительстве. Также под сортировочную станцию с последовательным расположением парков было запроектировано и были построены станции «Карши», «Термез», «Тинчлик», однако в схеме этих станций значительно уступают типовым, обеспечивающим технологическую последовательность операций. В схемах путевого развития всех станций достаточно сложностей, вытекающие из-за исторического развития и формирования станций в стесненных местных условиях.

2. ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ АО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ»

Создание единой сети железных дорог, дает импульс к развитию в малообжитых районах современной горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, значительно сократит расстояние перевозок грузов. Крупные упущения в организации эксплуатационной работы направления приводили к увеличению времени нахождения поездов в пути и необходимости вовлечения в перевозки дополнительного подвижного состава. Замедлялась доставка грузов в пункты назначения. Все это повышало эксплуатационные расходы, снижало использование пропускной способности участков и всего направления, приводило к значительным народнохозяйственным затратам. Анализ показал, что наряду с другими недостатками главное влияние оказала работа узлов, снижение их эксплуатационной надежности.

На территории Республики Узбекистан располагаются 4 сортировочные станции: «Чукурсай», «Хаваст», «Бухара» и «Каканд». Рассмотрим их техническое состояние.

Технико-эксплуатационная характеристика станции «Чукурсай». Станция «Чукурсай» отнесена к разряду внеклассных сортировочных станций с большим объёмом работы на местах общего и не общего пользования. Расположена в северной промзоне города Ташкента, граничит со станциями «Келес» в нечётном направлении и станцией «Салар» в чётном направлении.

Для обеспечения производства формирования и расформирования на станции имеется не механизированная сортировочная горка с двумя , путями надвига и спуска, имеющая в подгорочном парке 24 сортировочных путей. Сортировочная горка расположена в первом маневровом районе станции. Горка обеспечивает переработку вагонопотока идущего с южного и северного направления.

Для торможения отцепов, на горке расположены три тормозные позиции: первая тормозная позиция - в спускной части горки перед сортировочными пучками, вторая - в начале сортировочных путей и третья на путях для контроля скорости вагонов. В качестве основных средств торможения применяются двубортные тормозные башмаки.

Станция производит следующие операции:

- расформирование грузовых поездов прибывающих с северного и южного направления;
- формирование одногрупных и многогрупных местных передач, сборных, участковых и сквозных поездов, согласно плана формирования;
- пропуск пассажирских, транзитных грузовых поездов;
- грузовые операции;
- подборка местных вагонов по подъездным путям, подача уборка вагонов и с фронтов грузовых операций.

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ ПО РАСЧЁТУ ВЫСОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ СУЩЕСТВУЮЩИМ МЕТОДОМ

В данном параграфе выполнен анализ источников литературы по расчёту высоты сортировочной горки существующим методом (см. «Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм», 2003 – далее «Правила…»), степень изученности, т.е. что происходит в мире с указанной проблемой и как обстоят дела на железной дороге Узбекистана и перспективы решения проблемы.

Толчком к выбору темы настоящего научного исследования послужили многочисленные работы ученых, посвящённые расчёту и проектированию спускной части сортировочной горки существующим и усовершенствованным методами, а именно:

теоретические и экспериментальные исследования динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки – Образцов В.Н., Федотов Н.И., Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И., Никитин В.Д., Парфёнов В.П., Сотников Е.А., Рудановский В.М., Старшов И.П., Устенко А.М., Родимов Б.А., и другие [3 – 17];

Результаты исследований по определению скорости скольжения вагона на тормозных позициях сортировочной горки с использованием усовершенствованной методики расчета скорости скатывания вагона – Туранов Х.Т., Ситников С.А., Рыкова Л.А., Гордиенко А.А., Мягкова А.В. и другие.

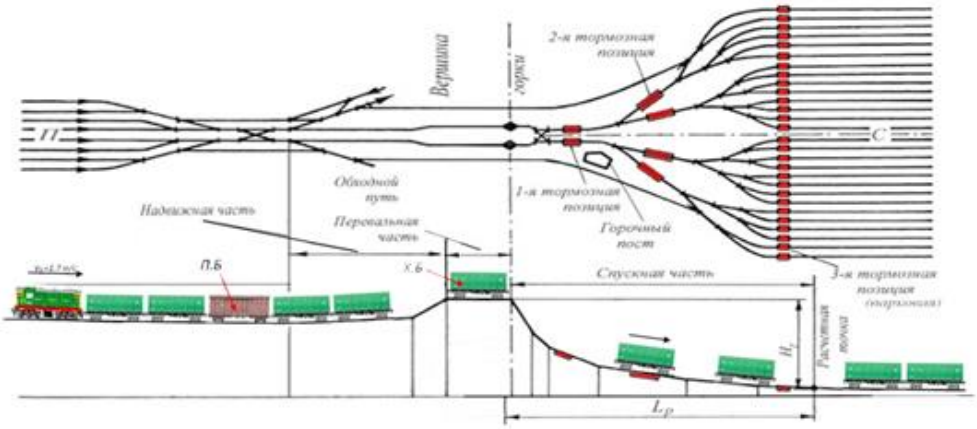


Рис. 1.1. Технология роспуска вагона на сортировочной горке

Очень часто при выполнении курсовых проектов (или работ) по дисциплине «Железнодорожные станции и узлы», согласно рекомендации, например, [4, 6, 13,], используют следующие формулы для определения:

а) так называемых «энергетических высот, соответствующих удельной работе сил сопротивления» (например, от основного сопротивления, от среды и ветра и от снега и инея), м:

б) так называемой «мощности», например, второй тормозной позиции (2ТП) с учётом реализации максимальной скорости входа на вагонный замедлитель, м:

В свою очередь, в после раскрытия скобки второго слагаемого убеждаемся, что произведение l2ТП i2ТП представляет собой противолежащий катет (lV) уклона пути, а произведение l2ТП ω – прилежащий катет (lH) этого же уклона, уменьшенный на величину ω. Как видно, разность l2ТП i2ТП, как противолежащего катета, и l2ТПω, как прилежащего катета, ещё раз показывает на некорректность самого подхода к решению задачи и на явную потерю его физического смысла.

Помимо того, после таких рассуждений получается так, что вагон вначале свободно падает по вертикали (т. е. по противолежащему катету 0А уклона пути 0 – 1), а затем, как бы преодолевая сопротивление движению, продолжает своё движение по горизонтали (т. е. по прилежащему катету уклона пути А – 1) (рис. 1.2).

Согласно такому подходу, дальнейшее движение также будет продолжаться по таким траекториям, т. е. к полной потере физического смысла движения вагона по наклонной плоскости.

До настоящего времени в существующих методиках сортировочных горок скорость движения вагона на тормозных позициях определяют по формуле ско-

рости свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей вагона, считая, что в зонах затормаживания происходят вращения колес вагона, что некорректно. Хотя в действительности в момент затормаживания происходят чистое скольжение колес. Однако, до сих пор чистое скольжение колес в зонах затормаживания аналитически не было исследовано.

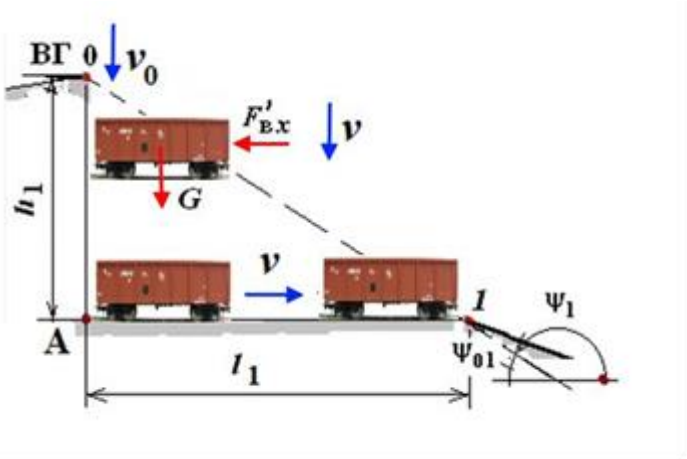


Рис. 1.2. Представление падение вагона по вертикали, а затем его движение по горизонтали

Принимая во внимание классические положения теоретической механики о теории трения скольжения и качения, попытаться подробно пояснить и/или разъяснить причину качения колёс при отсутствии скольжения, считая данный вопрос принципиально важным при публичном обсуждении существующей методики горочных конструктивных и технологических расчётов.

На основе положений геометрической статики качения колеса теоретической механики обосновать движения вагона по уклону сортировочной горки с качением колеса без скольжения.

Рис. 1.3. К движению вагонных колёс по рельсовым нитям

На рис. 1.3 обозначено: Ox’y’z’ – неподвижные системы координат, начало координат которого расположено на условной вершине горки (УВГ); G – сила тяжести вагона; Св – центр масс вагона; С – центр масс колёсных пар; Свxyz – подвижные системы координат, расположенные в центре масс вагона Св; v – переносная поступательная скорость вагона; ψ – угол наклона профиля пути.

Попытаемся подробно пояснить причину качения колёс при отсутствии скольжения по рельсовым нитям (в дальнейшем – колесо без скольжения по рельсу) (рис. 1.4).

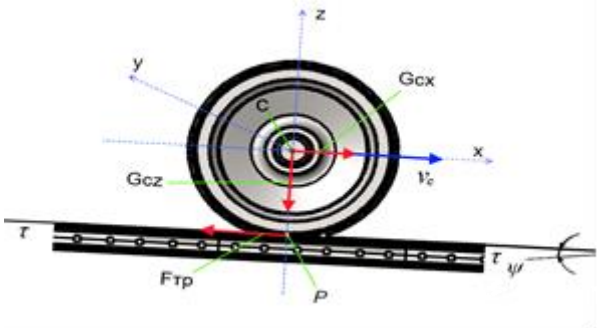


Рис. 1.4. К схеме качения колеса без скольжения по рельсу

На рис. 1.4 обозначено: C – центр масс колеса; Cвxyz – подвижные системы координат, расположенные в центре инерции колеса C; GxC и GzC – проекции одной восьмой части составляющих силы тяжести вагона с грузом G, приложенные к центру масс колеса C; vC – скорость центра инерции C колеса, причём vC = v; P – точка касания и/или соприкосновения колеса с рельсом; τ – τ общая касательная к траектории колеса, как окружности, и рельса; N и Fτ – нормальная и касательная составляющая реакции неидеальной связи (рельса) R; ψ – угол наклона профиля пути.

К оси колесных пар вагона (т.е. к центру масс колёс C) через буксовые узлы тележек приложена одна восьмая часть составляющих проекции силы тяжести вагона с грузом Gx = Gsinψ (например, GxC = 0,125Gx = 0,125Gsinψ) и Gz = Gcosψ (например, GzC = 0,125Gz = 0,125Gcosψ).

Применяя принцип освобождаемости от связей геометрической статики (см [82] [84]), построим расчётную схему движения колеса по рельсу, как неидеальной наклонной плоскости (связи), а затем, отбрасывая эту связь, заменяем её влияние нормальной N и касательной Fτ составляющей реакции связи R (рис. 1.4).

Из рис. 1.4 в ясно, что при равновесии, когда GxC = 0 (что в принципе вовсе не соответствует движению вагона по спускной части горки, поскольку sinψ ≠ 0), касательная составляющая Fτ, называемой силой трения Fтр, равна нулю, т.е. на границе равновесия Fτ = Fтр = 0, а нормальная составляющая N = |GzC|.

Исследуем условия появление силы трения на колесе. При условии GxC > 0, что всегда соответствует движению вагона по спускной части горки, поскольку почти на всех участках горки sinψ > 0 (например, применительно к профилю второго сортировочного пути (СП2): ψmin = 0,0006 рад. и первому скоростному участку (СК1) горки: ψmax = 0,050 рад.), и выполнения условие равновесия, появляется сила трения Fтр, которая противоположна силе GxC, т.е. |Fтрx| = GxC.

Изучим скольжение колеса по рельсу. Дальнейшее ничтожно малое

увеличение силы GxC (что в действительности может иметь место при входе вагона из одного участка спускной части горки в другой), при значении силы GzC = const (а значит Fтр = const), приведёт к тому, что сила GxC выведет колесо из равновесия, принуждая (и/или вынуждая и/или заставляя) его скользить по поверхности рельса (см [81]).

Например, пусть ψ = 0,002 рад., что соответствует стрелочной зоне (СЗ) профиля горки. Тогда, кН:

N = GzC = 0,125Gcosψ = 0,125·908·1 = 113,5;

GxC = 0,125Gsinψ = 0,125·908·0,002 ≈ 0,23.

В этом случае, Fтр = fN = 0,175·113,5 ≈ 19,9 кН.

При этом, естественно, соблюдается условие (1.2):

Fтр >> GxC, т.е. 19,9 >> 0,23.

Если контактирующиеся поверхности колеса и рельса, не абсолютно твёрдые, а несколько деформируются вследствие давления колеса на рельсы при движении по спускной части горки «очень хорошего» бегуна (ОХ) [19], что соответствует действительности, то, в этом случае, происходит качение колеса по рельсу.

При этом, сила тяжести GzC одного колеса, приложенная в его центре масс С, и приложенная в точке Р колеса в месте его контакта с рельсом нормальная составляющая N реакции связи (рельса) R (см. рис. 1.3), взаимно уравновешиваются, т.е. N = GzC.

Две другие силы: сила воздействия GxC, приложенная со стороны кузова вагона к центру масс С колеса, и сила противодействия , приложенная к колесу в точке Р со стороны рельса и препятствующая скольжению этой точки Р, согласно третьему закону равенства действия противодействию механики, не могут уравновесить друг друга (см. (1.3)).

Под воздействием этих двух сил GxC и должна была бы происходить качение колеса при ничтожно малой силе GxC.

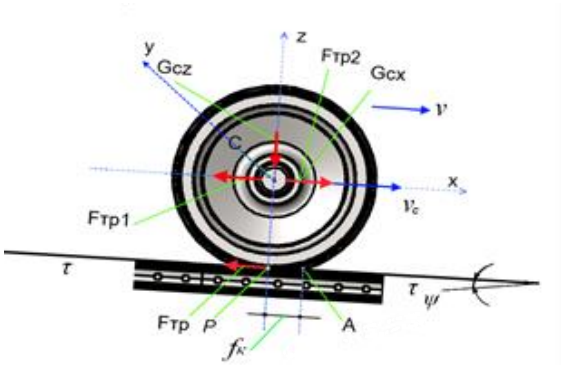


Рис. 1.5. Условная схема качения колеса без скольжения по рельсу

На рис. 1.5 приняты те же обозначения, что и на рис. 1.4 а, за исключением: А – точка, к которой как бы приложена нормальная составляющая N реакции связи R; fк – коэффициент сопротивления качению

и/или коэффициент трения при качении [26], м (обычно для вагонных колес fк = 0,005·10-2 м (см. [80], [85])); Fтр1 = Fтр и Fтр2 = |Fтр| – равные по модулю, но противоположные по направлению силы трения, приложенные к точке С.

Здесь сила трения Fтр1 = Fтр, по прежнему, является силой основного сопротивления движению колеса по рельсу (см. нестрогое неравенство (1.1)).

Исследуем условие равновесия колеса, когда колесо не катится и не скользит по поверхности катания рельса, двумя способами:

1-й способ: нахождением момента пары сил приведением силы трения к центру масс С колеса, согласно теореме о параллельном переносе силы (см. [85]) и/или правилу приведение системы сил к данной точке механики (см. [49]);

2-й способ: определением момента силы относительно точки Р на колесе.

Рассмотрим 1-й способ нахождения момента пары сил. Силу трения Fтр, согласно теореме о параллельном переносе силы (см. [85]), приведём к точке С, принимая её за центр приведения (см. рис. 1.4). При приведении силы трения Fтр к центру приведения С к силе трения Fтр1 добавляется пара сил Fтр и Fтр2, момент (m) который равен модулю момента |Mтр| данной силы Fтр2, приложенной к точке Р на колесе со стороны рельса (рис. 1.5).

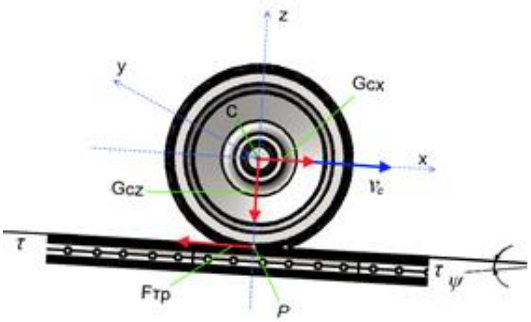


Рис. 1.6. Условная схема качения колеса без скольжения по рельсу

На рис. 1.6 приняты те же обозначения, что и на рис. 1.2, за исключением: ω – угловая скорость вращения колеса; Mтр – момент пары сил; Mк – момент трения при качении колеса относительно рельса.

Этот вектор направлен перпендикулярно к плоскости колеса и, для рассматриваемого случая совпадает с направлением оси Cy (см. рис. 1.5).

В случае симметричного распределения давление на колесе относительно точки Р момент пары сил m равен нулю (т.е. m = –Fтр2·r = 0), поскольку это соответствует отсутствию воздействия активной силы GxC, т.е. при GxC = 0: Fтр2 = 0. Это не имеет место при движении вагона по спускной части горки, поскольку всегда соблюдается неравенство sinψ ≠ 0.

При воздействии силы GxC > Fтр (т.е. ΔF = (GxC – Fтр) > 0), что соответствует реальному движению вагона по спускной части горки, давление (на рис. 1.4 представлено затененной площадкой) у края колеса вокруг точки Р убывает, а у края вокруг точки А колеса возрастает (см. рис. 1.4).

По этой причине активная сила GxC, которая больше, чем реакция связи в виде Fтр, т.е. GxC > Fтр, воздействуя на колесо, стремиться катить его без скольжения по уклону горки.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет отметить, что, как по модулю, так и по направлению, момент пары сил Мтр и момент MGx активных сил GxC, представляют одну и ту же физическую величину.

Таким образом, пока в некоторый ничтожно малый промежуток времени Δt колесо находится в равновесии, произойдет увеличение равного по величине Мтр и/или MGx, но противоположного по направлению момента пары сил в виде момента трения при качении Мк.

Пример расчёта. Для примера исследуем первый скоростной участок (СК1) горки. Исходные данные: G = 908 – сила тяжести вагона с грузом, кН; Gкп = 19 – сила тяжести одной колёсной пары, кН; f = 0,15 … 0,25 – коэффициент трения скольжения «металл по металлу»; fк = 0,001 – коэффициент трения качения «закаленная сталь по закаленной стали», м (см. [41]); r = 0,475 – радиус по кругу катания колёс, м; ψ1 = 0,050 – угол уклона СК1 горки, рад. [65, 19]; l1 = 39,95 – длина участка СП1 горки, м; Fx1 = 48,57 – проекция силы тяжести вагона G на ось Cx (см. рис. 1.5) с учётом проекции силы попутного ветра малой величины Fвх (Fвх ≈ 3,19 кН) на участке СК1 горки; Fo1 = ko1G = 0,001·908 ≈ 0,91 – сила от основного сопротивления движению вагона, кН; Fсв1 = kсв1G = 0,0005·908 ≈ 0,454 – сила сопротивления от воздушной среды и ветра, кН; Fc1 = 1,36 – в общем случае сила сопротивления всякого рода на участке СК1 горки, кН.

Результаты расчёта. 1) Проверка условия невозможности скольжения колеса по рельсу согласно строгому неравенству (1.2).

Подсчитаем одну четвертую часть GzC1 силы тяжести вагона с грузом G, равносильной нормальной составляющей N1 реакции связи (рельсовой нити), приходящейся на одну колёсную пару, кН:

GzC1 = 0,25Gcosψ01 = 0,25·908·0,999 = 226,72.

Рассчитаем максимальное значение силы трения скольжения колесной пары по рельсовым нитям, согласно нестрогому неравенству (1.1), кН:

= 0,125·226,77 ≈ 28,35.

Вычислим одну четвертую часть GxC силы тяжести вагона с грузом G, приходящейся на одну колёсную пару, кН: GxC1 = 0,25Gsinψ01 = 0,25·908·0,050 = 11,35.

Проверим, будет ли соблюдено условие невозможности скольжения колеса по рельсу, согласно строгому неравенству: или 28,35 > 11,35.

ВЫВОДЫ

Как видно, строгое неравенство выполняется более, чем с двукратным превышением. Поэтому очевидность того, что не произойдет чистое скольжение точки касания P колес колёсной пары относительно поверхностей катания рельсовых нитей на всех скоростных участках профиля горки, включая и участок второго сортировочного пути, а произойдет качение колеса без скольжения, соответствие действительности которого не подлежит оспариванию.

Список источников

1. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки Туранов Х.Т., Илесалиев Д.И., Джаббаров Ш.Б., Саидивалиев Ш.У. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2021. № 3. С. 47-53.02

2. Kinematic characteristics of the car movement from the top to the calculation point of the marshalling hump Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djabborov S., Djalilov K. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. Т. 1258. С. 322-338.23

3. About designing the height of the first profile of the marshalling hump Jabbarov Sh.B., Khurmatov Ya.A., Khaidarov O.U., Inoyatov K.Kh., Khozhiev N.K. Инновации. Наука. Образование. 2021. № 36. С. 1023-1035.04

4. About the motion of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind Jabbarov Sh.B., Khurmatov Ya.A., Khaidarov O.U., Inoyatov K.Kh., Zhumabekov B.Sh.Инновации. Наука. Образование. 2021. № 36. С. 1036-1052.05

5. Об отсутствии теоретической базы формулы для определения высоты первого профильного участка сортировочного горба Саидивалиев Ш.У., Джаббаров Ш.Б., Адилов Н.Б., Хожиев Н.К., Бозоров Р.Ш. Инновации. Наука. Образование. 2021. № 34. С. 1467-1481.06

6. О неточности формулы воздушного сопротивления при движении вагона по профилю сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Саидивалиев Ш.У., Джаббаров Ш.Б. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 9. С. 34-39.18О

7. Некорректности формулы удельного воздушного сопротивления движению вагона по профилю сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джаббаров Ш.Б. Бюллетень транспортной информации. 2020. № 2 (296). С. 20728115.19О

8. Особенности движения вагона по спускной части сортировочной горки при попутном ветре Гордиенко А.А., Джалилов Х.Х., Джаббаров Ш.Б., Инагамов С.Г. Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2020. № 2 (41). С. 64-67.011

9. Designing the height of the first profile of the marshalling hump Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djabborov S. В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 03038.612

10. Movement of the wagon on the marshalling hump under the impact of air environment and tailwind Turanov K., Gordienko A., Saidivaliev S., Djabborov S. В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 03041.413

11. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть iv) Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б.

Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 1. С. 16-20.814

12. О скольжении колёсных пар вагона на тормозных позициях сортировочных горок Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джаббаров Ш.Б., Саидивалиев Ш.У. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 5. С. 16-21.715

13.О вычислении профильной высоты головного участка сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Саидивалиев Ш.У., Джабборов Ш.Б.Бюллетень транспортной информации. 2019. № 12 (294). С. 15-20.016

14. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (часть v)Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. Бюллетень транспортной информации. 2019. № 3 (285). С. 22-27.717

15. Аналитическая статика качения колес на скоростных участках сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. Бюллетень транспортной информации. 2019. № 6 (288). С. 8-16.218О

16. Качении колес на скоростных участках сортировочной горки Джабборов Ш.Б. Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. 2019. № 6 (24). С. 79-83.019

17. К критическому анализу теоретических положений движения вагона с сортировочной горки Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2018. № 11. С. 26-31.13.

УДК 631.315.4

ГЛАВА 14. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА, СОЗДАЮЩЕГО ПАЛ В МЕЖДУРЯДЬЯХ ХЛОПЧАТНИКА

Абдуалиев Нуриддин Хабибович
Заведущий кафедрой общетехнических дисциплин, д.ф.т.н. (PhD)
Бухарского института управления природными ресурсами национального исследовательского университета Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация: в данной главе монографии анализированы возможности механизации процесса создания продольных палов в междурядьях хлопчатника на площадях с высокой степенью засолённости и приведены практические и теоритические сведения по созданию конструкции пала а также научно-технические решения по определению его параметров. Также определены конструктивные параметры уплотнительного катка, обеспечивающего плотности и высоту пала на уровне требований.
Ключевые слова: междурядье хлопчатника, продольный пал, ручной труд, палообразующее устройство, прочность пала, уплотнение пала, каток для уплотнения пала.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SOLUTION OF A COMPACTION DEVICE CREATING A PAWL BETWEEN COTTON ROWS

Abdualiev Nuriddin Habibovich

Abstract: The monograph analyzes the possibilities of mechanizing the process of creating longitudinal pawl between cotton rows in areas with a high degree of salinity and provides practical and theoretical information on the creation of the design of the pawl, as well as scientific and technical solutions for determining its parameters. Also, the design parameters of the compaction roller are determined, which ensures the density and height of the pawl at the level of requirements.
Keywords: between cotton rows, longitudinal pawl, manual labor, steam forming device, pawl strength, pawl seal, roller for pawl seal.

ВВЕДЕНИЕ. В мире ведущее место занимает разработка и производство энергосберегающей и высокопроизводительной сельскохозяйственной техники. «Если учесть, что сейчас в мировом масштабе площадь земель, выращиваемых различных сельскохозяйственных культур составляет 900 млн. гектаров, в том числе посева хлопчатника составляет 30-36 млн. гектаров»[1], то важной актуальной задачей считается производство энергосберегающих устройств, применяемых при подготовке продольного пала в междурядьях хлопчатника с высокой производительностью.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на производство ресурсосбегающих технических и технологических средств, уплотняющих палов, при их образовании для эффективного орошения сельскохозяйственных растений. В частности, по этому направлению в России ведутся научно-исследовательские работы по разработке уплотняющих рабочих органов в виде цилиндра, конуса, спирали, в Польше каток в виде стального колеса, в Голландии считается важным разработка сферического катка, а в Китае ведутся научные работы по совершенствованию устройств, оснащённых коническим уплотняющим катком для образования качественного и прочного продольного пала в междурядьях хлопчатника и путем обоснования их параметров осуществить технологический рабочий процесс на уровне агротехнических требований.

В сельскохозяйственном производстве Республики осуществляются широкомасштабные меры по уменьшению затраты труда по возделыванию сельскохозяйственных культур на основе передовых технологий и производств энергоресурсосберегающих и высокопроизводительных сельскохозяйственных машин, а также их рабочих органов. В стратегии Действий дальнейшего развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годы определены задачи, в частности «...внедрение в отрасль сельскохозяйственного производства интенсивных способов, прежде всего внедрение современных агротехнологий, которые экономят воды и ресурсов, широкое использование сельскохозяйственной техники, имеющей высокую производительность»[2]. При поливе хлопчатника за счет механизации технологических процессов образования пала является одна из задач повышения производительности труда и снижение расходов.

Степень изученности проблемы. Изучением технологического процесса образования палов устройством оснащённым уплотнительным катком во время подготовки полей к посеву риса в Индии занимались М.К. Сингх, К.Сингх, Р.К.Соланки, С.П.Сингх [3], созданием и усовершенствованием различных конструкции техники и технологии палообразующих устройств, оснащённых уплотнительным рабочим органом в России занимались А.И.Воронин, Г.Г.Казаков, А.И.Шабаев, В.Ф.Стрельбицкий, В.А.Папафилов, Н.Г.Семенов [4] и др.

В нашей республике созданием новой конструкции и обоснованием рациональных параметров устройств, оснащённых уплотнительным рабочим органом в открытых полях занимались А.Э.Тешабев, М.А.Ахмеджанов, А.В.Сергиенко [5], Т.Авазтурдиев [6] и другие.

По созданию и совершенствованию рабочих органов устройств для образования продольных палов в междурядьях хлопчатника провели исследования Н.Муродов, Х.Олимов и А.Муртазоев [7]. В настоящее время, продольные палы в междурядьях хлопчатника образуется устройством, созданные по результатам этих исследований.

Однако, в этих исследованиях не достаточно изучены вопросы возможности повышения плотности и качество образованных палов за счет создания новой конструкции уплотняющих рабочих органов и их обоснованию их рациональных параметров.

Целью исследования является усовершенствование технологического процесса продольного пала путем создания конструкции уплотняющего рабочего органа устройств для образования пала в междурядьях хлопчатника и обоснование параметров.

Задачи исследования:

анализ технических средств образования пала и проведённых исследований по этой проблеме;

разработка агротехнических требований, предъявляемых к уплотняющим рабочим органом устройств для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника;

разработка конструктивной схемы уплотняющего рабочего органа устройств образующих продольного пала в междурядьях хлопчатника;

проведение теоретической и экспериментальной исследований по обоснованию параметров уплотняющего рабочего органа устройств для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника;

разработка конструкции устройства для создания пала в междурядьях хлопчатника, оснащённого уплотняющим рабочим органом с обоснованными параметрами и изготовление опытного образца;

проведение испытаний опытного образца устройства для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника, оснащённого уплотняющим рабочим органом и определение экономических показателей.

Объектом исследования является уплотняющий рабочий орган устройств для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника, а также технологические процессы уплотнения образованных палов.

Предмет исследования: взаимодействие уплотняющего рабочего органа с почвой, аналитические зависимости, выражающих основные параметры рабочего органа, закономерностей изменения агротехнических и энергетических показателей рабочего органа в зависимости от его параметров и скорости движения.

Методы исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием законов и положений теоретической механики, механики земледелия, математической статистики; при проведении экспериментальных исследований использованы математические планирования эксперимента и методы тензометрии, а также методы, приведенные в существующих нормативных документах (ГОСТ 20915-15, O'zDSt 3412:2019, O'zDSt 3193:2017, O'zDSt 3197:2017, РД Уз 63.03-98).

Научная новизна исследований состоит из следующих:

на основе устройства, формирующего продольный пал в междурядьях хлопчатника, разработана новая конструкция катка, обеспечивающего плотность пала, и обоснован технологический рабочий процесс;

аналитические выражения, определяющие законы изменения вертикальной нагрузки, приложенной к рабочей части уплотнителя, обеспечивающего требуемого уровня уплотнения пала, в зависимости от коэффициента объемного сжатия грунта и скорости движения устройства;

получены аналитические формулы, выражающие связь между физико-механическими свойствами почвы, параметрами катка, скорости движения агрегата, учитывая вертикальную нагрузку (сила тяжести катка, сила сжатия пружины), выдаваемую на каток для уплотнения пала на уровне требования;

диаметр уплотнительного катка, угла конусности и рациональных величин вертикальных нагрузок, приложенных к катку определены с помощью регрессионного анализа в зависимости от агротехнических и энергетических рабочих показателей.

Практические результаты исследований состоят из следующих:

в результате применения устройства для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника, оснащённого уплотнительным рабочим органом, достигнуто уменьшение ручного труда на 46,2%, производительность труда повысилась 1,5 раза.

Достоверность результатов исследований объясняется проведением исследований с использованием современных средств и способов, выполнением теоретических исследований на основе правил теоретической механики и механики земледелия а также высшей математики, взаимной адекватностью теоретических и практических исследований, положительными результатами полевых испытаний усовершенственного устройства для образования продольного пала и внедрением его в практику.

Научные и практические значения результатов исследований. Предложенные математические модели и аналитические зависимости стали основаниями для разработки конструкции уплотняющего приспособления устройства для образования пала в междурядьях хлопчатника и определения его параметров а также наличие возможностей использования их для обоснования параметров аналогичных рабочих органов определяет научное значение результатов исследований.

Применением устройства для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника, оснащенного уплотнительным рабочим органом

по сравнению с существующим способом, уменьшение расхода труда на 46,2% и повышение производительности труда 1,5 раза определяют практическое значение результатов исследований.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов проведённых исследований по обоснованию параметров устройства, для создания продольного пала в междурядьях хлопчатника, оснащенного уплотнительным приспособлением:

получен патент агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на полезную модель (FAP 01436 «Устройство, создающее и уплотняющее продольный пал в междурядьях хлопчатника», 2019 г.). В результате при образовании продольного пала в междурядьях хлопчатника, появилась возможность разработки конструкции устройства, оснащенного уплотнительным рабочим органом, созданы возможности повысить качества и производительности, уменьшить объёмности энерго-материалов.

разработанное устройство для образования пала внедрено в учебно-научном центре (Каганский район) Бухарского филиала Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, в фермерских хозяйствах Бухарского, Жондорского и Вобкентского районов

(Справка министерства сельского хозяйства от 2021 года 19 августа №02/023-3416). В результате затраты труда уменьшили на 46,2 процента, производительность труда повысилась 1,5 раза.

конструкция устройства для образования продольного пала в междурядьях хлопчатника для внедрения в производство принята в АО «ВМКВ-Agromash» (Справка министерства сельского хозяйства от 2021 года 19 августа №02/023-3416). В результате появилась возможность создания промышленного образца усовершенствованного устройства для образования пала в междурядьях хлопчатника.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СОЗДАНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПАЛА, ОБРАЗУЕМЫХ В МЕЖДУРЯДЬЯХ ХЛОПЧАТНИКА И ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Хлопководческие районы Республики по природно-климатическим условиям орошаемых земель и структуре почвы и технологии обработки ее, видам машин и предъявляемым к ним агротехническим требованиям делятся на три региона. Во многих областях, входящих в третьей регион (Хорезм, Бухара, Навои, Кашкадарья и Республика Каракалпакстан) во время выращивания хлопчатник перед первым орошением исходя из пологости и неровностей полей создают продольные и поперечные палы. Потому что в этих регионах путем применения орошения сплошным затоплением можно добиться получения намеченного урожая. В обратном случае в результате выхода солей на поверхность почвы развитие растений ухудшается, даже наблюдается высыхание растений. Из–за наличия покатостей и относительных неровностей поля не создавая продольных и поперечных палов невозможно орошение хлопчатника сплошным затоплением.

На сегодняшний день образование продольных и поперечных палов и агротехническое мероприятие уплотнения их полностью основано на ручном труде. А это требует больших трудовых затрат и является причиной повышения себестоимости выращивания хлопка.

Разработанные сельскохозяйственными управлениями и сельскохозяйственными научно-производственными центрами регионов «Уход за сельскохозяйственными посевами по выращиванию продукции» внедрены в рабочие технологические карты, что в условиях третьего региона при выращивании хлопка шириной междурядья 60 cm, перед первым поливом на каждом гектаре поля выполнить в среднем длиной 400 m продольного и поперечного пала вручную. Основную часть (60-75 %) этого технологического процесса составляет создание продольного пала и учитывая наличия возможности механизации этого технологического процесса можно добиться уменьшения ручного

труда и тем самым удешевления себестоимости. Продольные палы в зависимости от неровности поля в промежутке от 10 до 50 m создаются по всей длине поля.

Следовательно, создание продольных палов в междурядьях хлопчатника и процесс их уплотнения можно осуществить научно обоснованным палообразующим устройством и это проблема является актуальной проблемой сегодняшнего дня.

Продольный пал, образованный перед первым поливом до конца вегетационного периода, т.е. применяется и в последующих процессах орошения. По этой причине они должны быть качественными, прочными и не менять свою форму. Исходя из этого, механизировать технологический процесс создания и уплотнения пала, необходимо обеспечить получения палов качественными, на уровне требований. Этого можно добиться применением устройства для создания продольного пала, оснащённого уплотнительным катком [8].

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА, ОСНАЩЁННОГО УПЛОТНИТЕЛЬНЫМ КАТКОМ И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Устройство для образования пала состоит из тяги 1, рамы 2, корпуса 3 и кожухи 4, защищающего ростки хлопчатника от насыпи выбрасиваемой почвы а также уплотняющего катка 5 (рис.1) [9].

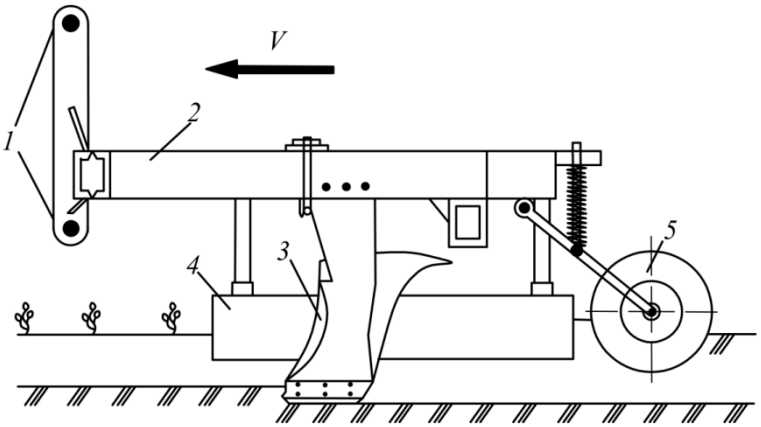


Рис. 1. Схема устройства оснащённого уплотнительным катком

Параметры, влияющие на агротехнические и энергетические рабочие показатели устройства для создания продольного пала, оснащённого уплотнительным катком (рис. 2):

$D_к$ – большой диаметр конусной части уплотнительного катка, m;

$D_ц$ – диаметр цилиндрической части уплотнительного катка, m;

α – угол наклона конусной части уплотнительного катка, °;

$B_к$ – ширина конусной части уплотнительного катка, m;

$B_ц$ – ширина цилиндрической части уплотнительного катка, m;

B_y – общая ширина уплотнительного катка, m;
ε – угол установки тяги уплотнительного катка относительно горизонта, °;
Q – вертикальная нагрузка на уплотнительный каток, N;
$Q_П$ – сила сжатия пружины, N.

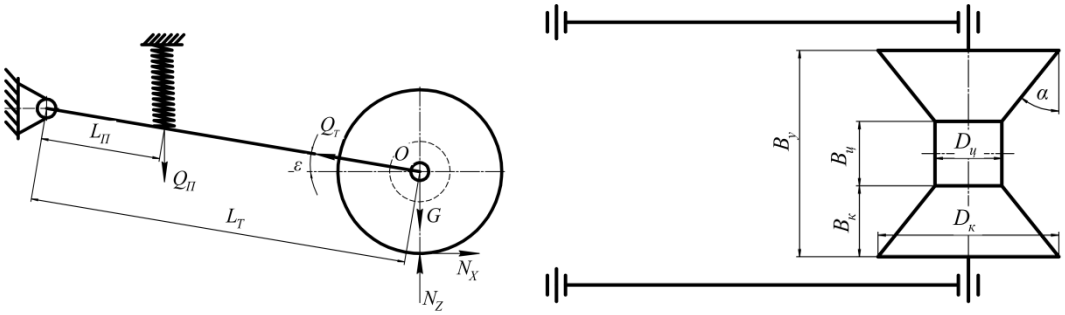


Рис. 2. Основные параметры уплотнительного катка

Площадь поперечного сечения пала определяется следующим выражением

$$S_П = \int_0^{B_м} 0{,}5h_П[1-\cos(p_м x)]dx = 0{,}5h_П B_м. \quad (1)$$

где $h_П$- высота пала, cm; $B_м$– ширина междурядья хлопчатника, cm; $p_м = 2\pi/B_м$ – коэффициент, характеризующий форму поперечного сечения пала, rad/cm; x – абсцисса кривой, характеризующей поперечное сечение пала cm.

Через формулу (1) при $h_П$ =24-25 cm и $B_м$ =60 cm расчеты показали, что площадь пала в междурядьях хлопчатника составляет $S_П$ = 720-750 cm^2.

Угла наклона конусной части уплотнительного катка α относительно естественного угла откоса почвы φ_u определим из следующего условия

$$\alpha \le \varphi_u \ , \quad (2)$$

где φ_u=35-40°. С учетом конструкции катка и агротехнических требований угол наклона конусной части катка принимаем равным на α=38°.

Когда выполняется это условие, полностью исключается высыпание почвы с боковых поверхностей пала, и обеспечивается его эффективное уплотнение.

Общую ширину охвата уплотнительного катка определяем следующим выражением

$$B_y = B_м - 2B_х - 2S_T - 2\Delta, \quad (3)$$

где $B_м$–ширина междурядья хлопчатника, cm ($B_м$= 60 cm); B_x– ширина защитной зоны междурядья хлопчатника, cm (B_x=6,0 cm); S_T– толщина тяги, связывающей уплотнительного катка с рамой устройства, cm (S_T =3,0 cm); Δ – зазор между тягой и уплотнительным катком, cm (Δ=1,0 cm).

Тогда общая ширина уплотнительного катка будет равна B_y=40 cm.

Ширина цилиндрической части уплотнительного катка. По показаниям наблюдений, проведённых в фермерских хозяйствах, с целью проведения

контроля на верхней части палов, образованных в междурядьях должна быть возможность для хождения поливальщиков. А для этого ширина верхней части пала должна быть в пределах 8-10 cm. Исходя из этого, ширина охвата цилиндрической части уплотнительного катка $B_ц$ принимаем в пределах 8-10 cm.

Ширину конусной части уплотнительного катка определяем на основании определённых значений ширин его общей и цилиндрической частей следующим выражением

$$B_к = 0{,}5\left(B_м - 2B_х - 2S_T - 2\Delta - B_ц\right), \quad (4)$$

где $B_ц$–ширина цилиндрической части уплотнительного катка, cm ($B_ц$=10 cm).

С учетом выше приведенных значений параметров при численном решении выражения (4) ширина конусной части уплотняющего катка будет равна $B_к$ =15 cm.

Определение диаметра цилиндрической части уплотнительного катка. Для этого было исследовано процесс взаимодействия цилиндрической частью уплотнительного катка с комком, находящегося в верхней части грядки и был получен следующее выражение

$$D_ц \geq \frac{2\left\{h_П\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)+0{,}5d_{ПК\max}\left\langle 1+\cos\left\{arctg[(\mu_1+\mu_2)/(1-\mu_1\mu_2)]\right\}\right\rangle\right\}}{1-\cos\left\{arctg[(\mu_1+\mu_2)/(1-\mu_1\mu_2)]\right\}}, \quad (5)$$

где $h_П$– высота пала, см; ρ_0– первоначальная плотность почвы пала g/cm^3; ρ – требуемая плотность почвы пала, g/cm^3; μ_1, μ_2– соответственно, коэффициенты трения между уплотнительным катком и комком и почвы с комками; $d_{ПК\text{-}мах}$–максимальный диаметр комка, cm; $B_ц$ – ширина цилиндрической части уплотнительного катка, cm.

Диаметр конусной части уплотнительного катка определяется следующим выражением

$$D_к = D_ц + 2B_к tg\alpha. \quad (6)$$

Это выражения (6) с учетом выражения (4) и (5) примает вид

$$D_к \geq \frac{2\left\{h_П\left(1-\frac{\rho_0}{\rho}\right)+0{,}5d_{ПК\max}\left\langle 1+\cos\left\{arctg[(\mu_1+\mu_2)/(1-\mu_1\mu_2)]\right\}\right\rangle\right\}}{1-\cos\left\{arctg[(\mu_1+\mu_2)/(1-\mu_1\mu_2)]\right\}} + \left(B_м - 2B_х - 2S_T - 2\Delta - B_ц\right)tg\alpha. \quad (7)$$

На основании проведённых исследований, при принятых значениях параметров: α=38°, $h_П$=25cm, $B_м$= 60 cm, $B_х$ = 6,0 cm, S_T =3,0 cm, Δ =1,0 cm, $B_ц$=10 cm, ρ_0= 1,1 g/cm^3, ρ= 1,3 g/cm^3, μ_1 =0,3, μ_2 = 0,4 (2), (3), (4), (5), (6) и (7) расчеты проведённые по выражениям показывают, что угол наклона уплотнительного катка устройства должен быть 38°, общая ширина катка 40 cm, ширина конусной части 15 cm, диаметр цилиндрической части по меньшей мере 20,05 cm, большой диаметр конусной части должен быть 43,48 cm [10].

Определение вертикальной нагрузки на уплотнительный каток. Для обеспечения уплотнения пала на уровне требований на основании ранее приведенных вертикальной нагрузки на каток определим по следующему выражению

$$Q = 0{,}5\kappa\left(1+\kappa_{П}V^{2}\right)\{B_{ц}D_{ц}[\sqrt{D_{ц}h_{Д}-h_{Д}^{2}}-\left(0{,}5D_{ц}-h_{Д}\right)\times$$
$$\times\arcsin\frac{2\sqrt{D_{ц}h_{Д}-h_{Д}^{2}}}{D_{ц}}]+2B_{к}\left(D_{ц}+B_{к}tg\alpha\right)\times$$
$$\times[\sqrt{\left(D_{ц}+B_{к}tg\alpha\right)h_{Д}-h_{Д}^{2}}-\left(0{,}5\left(D_{ц}+B_{к}tg\alpha\right)-h_{Д}\right)\times$$
$$\times\arcsin\frac{2\sqrt{\left(D_{ц}+B_{к}tg\alpha\right)h_{Д}-h_{Д}^{2}}}{D_{ц}+B_{к}tg\alpha}]\}, \qquad (8)$$

где κ– коэффициент объёмного смятия почвы, N/m^3; $\kappa_{П}$– коэффициент пропорциональности, s^2/m^2; V– скорость агрегата палообразования, m/s.

Из выражения (8) видно, для уплотнения пала на уровне требований вертикальная нагрузка, выдаваемое на уплотнительный каток зависит от физико-механических свойств почвы, скорости движения агрегата, ширина цилиндрической и конусной частей уплотнительного катка, диаметра цилиндрической части, угла конусной части катка а также глубины внедрения его в почву. По конструкции агрегата приняв $B_{ц}$=0,10 m, $B_{к}$=0,15 m, $D_{ц}$=0,20 m, $h_{Д}$=0,04 m, α=38°, коэффициент пропорциональности $\kappa_{П}$=0,08 s^2/m^2, коэффициент объемного смятия почвы κ=2·10^6 N/m^3 и при изменении скорости агрегата от 1,2 m/s до 2,4 m/s, построен график изменения вертикальной нагрузка, передаваемой на каток определяемой по выражению (8) в зависимости от скорости движения агрегата (рис. 3).

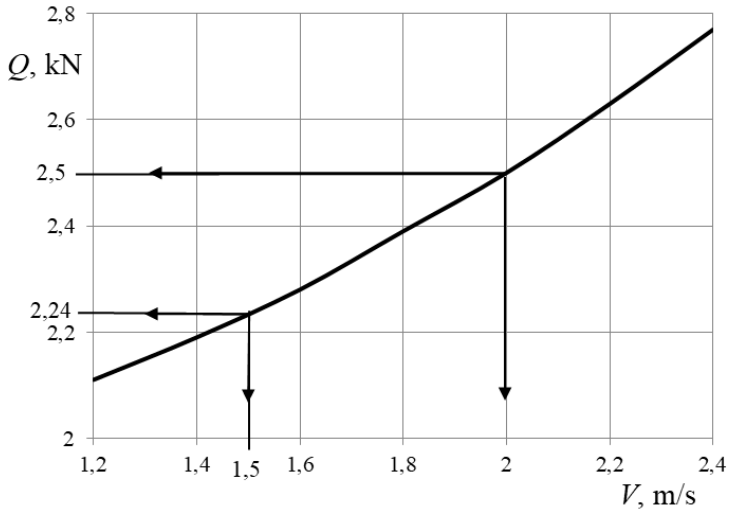


Рис. 3. График изменения *Q* в зависимости от *V*

Из графика (рис. 3) можно заключить, что для обеспечения технологического процесса при скорости агрегата 1,5-2,0 m/s необходимо создавать вертикальной нагрузки равной 2,24-2,5 kN.

Силы сжатия пружины уплотнительного катка определяется следующим выражением

$$Q_П = \Big\{0{,}5\kappa\left(1+\kappa_П V^2\right)\{B_ц D_ц[\sqrt{D_ц h_Д - h_Д^2} - \left(0{,}5D_ц - h_Д\right)\times$$
$$\times \arcsin\frac{2\sqrt{D_ц h_Д - h_Д^2}}{D_ц}] + 2l_к\left(D_ц + B_к tg\alpha\right)\times$$
$$\times[\sqrt{\left(D_ц + B_к tg\alpha\right)h_Д - h_Д^2} - \left(0{,}5\left(D_ц + B_к tg\alpha\right) - h_Д\right)\times$$
$$\times \arcsin\frac{2\sqrt{\left(D_ц + B_к tg\alpha\right)h_Д - h_Д^2}}{D_ц + B_к tg\alpha}]\} - G\Big\}\frac{L_T}{L_П}. \qquad (9)$$

Из этого выражения видно, что вертикальное нагружение, выдаваемое на уплотнительный каток изменяется в зависимости от физико-механических свойств почвы, параметров катка, скорости агрегата а также размеров L_T и $L_П$.

На основании проведенных исследований при следующих значениях параметров κ=2·10^6 N/m^3, $\kappa_П$=0,08 s^2/m^2, $B_ц$= 0,10 m, $B_к$= 0,15 m, $D_ц$=0,20 m, $h_Д$=0,04 m, α=38°, m=60 kg, g=9,81 m/s^2, L_T =1,0 m, $L_П$=0,75 m и расчетых, проведенных по выражению (9) при скоростях 1,5-2,0 m/s и силе сжатия пружины 2,18-2,41 kN, технологический процесс обеспечивается на уровне требования.

Точно также, когда тяга связывающая уплотнительный каток с рамой устройства работает наклоняя относительно горизонта, образуя угол ε, по конструкции агрегата приняв значение B_y=0,40 m, m=60 kg, g=9,81 m/s^2, L_T =1,0 m, $L_П$=0,75 m, ε=30°, κ'=300 kg/m, если учесть это $Q_T = N_x = \kappa' \cdot B_y$, тогда вертикальное нагружение передаваемое на уплотнительный каток определяется следующим выражением

$$Q = G + Q_П \frac{L_T}{L_П}\kappa' \cdot B_y \cdot tg\varepsilon,$$

где κ'- удельный коэффициент при ширине обработки, κ'=300 kg/m.

Через это выражение, а также пользуясь выражение (8) и (9) рассчитывали вертикальное нагруженные и прижимающую силу пружины, которые соответственно Q= 1,55-2,61 kN и $Q_П$=1,3-2,5 kN.

Таким образом, при скоростях движения агрегата 1,5-2,0 m/s вертикальное нагруженные передаваемое уплотнительному катку должно быть Q= 1,55-2,61 kN. А для этого сжимающая сила пружины должна быть равна $Q_П$=1,3-2,5 kN.

Для обеспечения такой силы на основании расчетов по ГОСТ 13775-86 выбрали отвечающим таким требованиям пружине, позиции 130, F_3=2650 N; d=5,5 mm; D_1=30 mm; c_1=609,9 N/mm; s_3'=4,345 mm [11].

Определение деформации почвы от действия уплотнительного катка. Если на каток не установлен пружина в процессе образования пала деформация почвы $h_Д$ будет зависить от конструктивных параметров катка и физико-механических свойств почвы, которая определяется следующим выражением

$$h_Д = \sqrt[3]{\frac{G^2}{B_y^{\ 2} \cdot к^2 \cdot D_к}}, \qquad (10)$$

где G – сила тяжести уплотнительного катка, N; B_y – общая ширина уплотнительного катка, m; $D_к$ –диаметр уплотнительного катка, m; $к$ – коэффициент объемного смятия почвы, N/m^3.

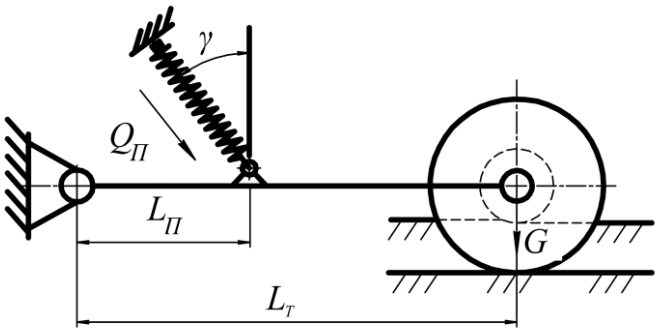


Рис. 4. Действие силы сжатия пружины на уплотнительный каток

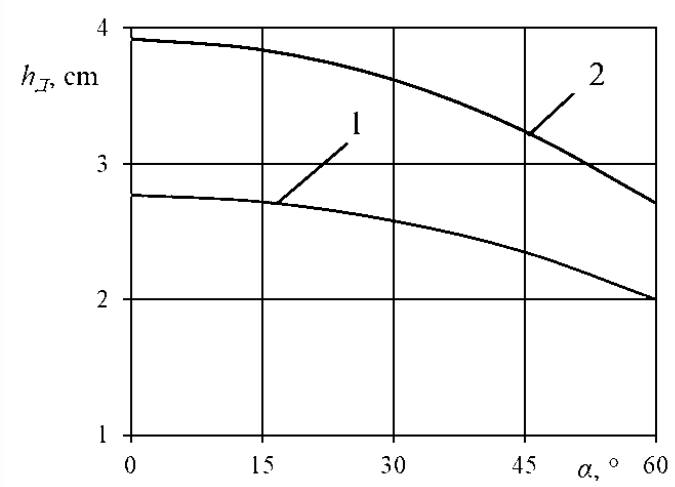
С другой стороны в соответствии с рис.4 деформация почвы будет зависит, силы тяжести катка и силы сжатия пружины, появляющейся в результате сжимания пружины $Q_П$, длине расстояния от опорной точки действия силы пружины и от расстояния опорной точки оси катка L_T (рис.4), соответственно выражение (10) будет иметь вид

$$h_Д = \sqrt[3]{\frac{\left(G + \frac{L_T}{L_П} Q_П \cdot \cos\gamma\right)^2}{B_y^{\ 2} \cdot D_к \cdot к^2}}, \qquad (11)$$

где γ – угол установки пружины относительно вертикальной оси, °; $L_П$ – расстояние от точки действия силы сжатия пружины $Q_П$ до тяги, m; L_T– расстояние от оси катка до точки установки тяги катка , m.

Из графика (рис. 5) видно, что сила сжатия пружины с изменением угла наклона относительно вертикальной оси изменяется и сила сжатия пружины, т.е. чем больше угол, тем меньше сила давления.

Анализ этого выражения показывает, с изменением веса конструкции уплотнительного катка и расстояния точки приложения силы давления пружины можно увидеть возможность изменения деформации почвы, появляющейся от действия катка.



1- $Q_П$ = 1,3 kN; 2- $Q_П$ = 2,5 kN

Рис. 5. График зависимости деформации почвы от влияния изменения точки действия силы сжатия пружины ($Q_П$) и (γ) угла ее установки относительно горизонта

Определение давления образующегося на поверхности почвы под действием катка. Основной показатель обеспечения прочность пала в междурядьях хлопчатника считается сила давления уплотнительного катка на почву и деформация почвы. Если принять в наших исследованиях деформация почвы не столь велика и сопротивление почвы смятию прямопропорционально, внедрению катка в почву, то для определения давления в результате действия рабочей части на почву можно пользоваться следующим выражением

$$q_{\max} = \kappa \cdot h_Д, \tag{12}$$

где κ – коэффициент объемного смятия почвы, κ=(2÷5)·10^6 N/m^3.

Если подставлять в это выражение из (11) значение $h_Д$ то определяющая между параметрами уплотнительного катка и давлением связь (q_{max}), образующейся в результате воздействия уплотнительного катка на почву, имеет следующее выражение

$$q_{\max} = \sqrt[3]{\frac{\kappa \cdot Q^2}{B^2 \cdot D_к}}. \tag{13}$$

Этим выражением при значениях Q =1,55-2,61 kN, B_y = 40 cm, $D_к$ = 40 cm, κ = 2·10^6 N/m^3 определено образуемое давление на поверхности почвы q_{max} = 4,3-4,5·10^4 Pa.

3. МЕТОД ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным теоритических исследований разработаны программа экспериментальных исследований, способ проведения их и на их основе исследованы высота пала, плотность почвы образованного пала, тяговое сопротивление уплотнительного катка и влияние параметров уплотнительного катка на его аг-

ротехнические и энергетические показатели.

Эксперименты проведены в трёх вариантах в виде штампах и в нескольких вариантах уплотнительного катка.

На основе проведённых теоретических и однофакторных экспериментальных исследований определены основные факторы, влияющие на процесс уплотнения пала и на их основе проведены многофакторные эксперименты.

Многофакторные опыты проведены по плану Хартли-4. При этом в качестве основных факторов были приняты диаметр уплотнительного катка (X_1), угол конусности уплотнительного катка (X_2), вертикальная нагрузка (X_3) а также скорость движение агрегата (X_4).

В исследованиях в качестве критериев оценки были приняты высота образовавшегося пала (Y_1, %), плотность почвы пала (Y_2, g/cm^3) сопротивление уплотнительного катка тяге (Y_3, N).

Результаты экспериментов обработаны в установленном порядке, получены следующие уравнения регрессии, адекватно характеризующие критериев оценки:

-по высоте обрезывающегося пала (cm)

$$Y_1=+20,825+0,813X_1+1,703X_2-1,262X_3+1,205X_4+0,422X_1X_1-$$
$$-0,196X_1X_3+0,386X_1X_4-0,491X_2X_3-0,342X_3X_3+0,457X_4X_4; \quad (14)$$

- по плотности почвы (g/cm^3)

$$Y_2=+1,316-0,022X_1-0,027X_2+0,070X_3-0,057X_4+0,011X_1X_1-$$
$$-0,015X_1X_2-0,015X_1X_3+0,015X_1X_4+0,021X_2X_2+0,020X_2X_3-$$
$$-0,017X_2X_4-0,026X_3X_3-0,016X_3X_4+0,021X_4X_4; \quad (15)$$

- по тяговому сопротивлению уплотнительного катка (N)

$$Y_3=+292,986-10,254X_1-14,612X_2+40,040X_3+30,228X_4+$$
$$+7,335X_1X_1-2,452X_1X_2-3,477X_1X_3+3,873X_1X_4+5,729X_2X_2+$$
$$+5,807X_2X_3+4,227X_2X_4++5,190X_3X_3+2,954X_3X_4+15,302X_4X_4. \quad (16)$$

Следовательно, при рабочих скоростях 6,0-8,0 km/h устройство палообразвания, расходуя энергию меньше, для создания пала на уровне требований должны быть диаметр его уплотнительного катка 40,08-44,42 cm, угол конусности 35-37°, вертикальная нагрузка на каток в пределах 1,59-1,63 kN. При этих значениях факторов, значения критериев составляют: высота уплотненного пала 20,10-21,45 cm, плотность почвы 1,30-1,32 g/cm^3, тяговое сопротивление уплотнительного катка 265,47 – 296,95 N.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВА, ОСНАЩЕННОГО УПЛОТНИТЕЛЬНЫМ КАТКОМ

В данной главе приведены краткая техническая характеристика устройства, оснащенного уплотнительным катком, результаты полевых испытаний и его экономические показатели.

В испытаниях произведенное устройство для образования пала, оснащенное с уплотнительным катком установленный технологический процесс выполнил надёжно и его рабочие показатели полностью соответствует требованиям, предъявляемым на него.

По показаниям, проведенных экономических расчетов применение устройства для образования пала, оснащенное с уплотнительным катком, имеющее рекомендуемые параметры, по сравнению с существующим способом уменьшает затраты труда на 46,2 процента, производительность труда повысит 1,5 раза. При этом годовой экономический эффект составляет 11357436,384 сумов.

Список источников

1. http://www.nrcs.usda.gov, https://icac.org

2. Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» № УП-4947 от 7 февраля 2017 года

3. Singh S.P., Solanki R.C., Singh M.K. and Singh K. Development of tractor operated bund former-cum-packer for increasing resource productivity / Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2016. № 86 (9). – pp 21–26.

4. А.С. 484827 Орудие для образования почвенных валиков/ Воронин А.И., Казаков Г.Г., Шабаев А.И., Стрельбицкий В.Ф., Папафилов В.А, Семенов Н.Т. //Б.И.-1975.-№35.

5. А.С. 1806488 Полоделатель для поделки земляных валиков / А.Э.Тешабаев, О.С.Осипов, М.А.Ахмеджанов и А.В.Сергиенко //Б.И.-1993.-№13.

6. Аваздурдиев Т. Исследование и обоснование параметров уплотнителя почвенных валиков, нарезаемых при промывных поливах: Автореферат – дис. … канд. тех. наук. – Ташкент, 1976. 9 с.

7. Муртазоев А.Н. Усовершенствование и для оброзования продольных и поперечных палов в междурьядях хлопчатника// Дисс. ... PhD,-2020.-С.16.

8. Abdualiev N. K. Justification of the design parameters of the compaction roller for creating longitudinal boards in the rows of cotton //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2388. – №. 1. – С. 012176.https://iopscience.iop.org/article/10.1088/17426596/2388/1/012176/meta

9. Murodov N., Abdualiev N., Murtazoev A. Device for forming longitudinal thresholds among rows of improved porosity //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 883. – №. 1. – С. 012180. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/883/1/012180/meta

10. Гильманова Л. Р., Байбобоев Н. Г., Абдуалиев Н. Х. Обоснование конструктивных параметров уплотнительного катка для создания продольных палов в междурядьях хлопчатника //Современные направления повышения эф-

фективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК. – 2022. – С. 47-52. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48609659

11. Абдуалиев Н.Ҳ. Обоснование параметров уплотнителя устройства для создания пала в междурядьях хлопчатника: дис.…канд. техн. наук. – Н.Х.Абдуалиев; НамИСИ. –Наманган, 2020.

12. Абдуалиев Н. Х., Байбобоев Н. Г. Обоснование параметров уплотнителя устройства для образования пала в междурядьях хлопчатника. – 2022. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49594214

УДК 91:577.3:551.4 (575.1)

ГЛАВА 15. БОРЬБА С ОПУСТЫНИВАНИЕМ ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КЫЗЫЛКУМА)

ТУХТАЕВА ХАБИБА ТАШЕВНА
д.ф.г.н. (PhD), доцент кафедры «Гидрология и экология»,
Бухарский институт управления природными ресурсами НИУ «ТИИИМСХ»

Аннотация: борьба с процессами опустынивания, происходящими в засушливых регионах мира, требует смягчения процессов засухи, оптимизации экологического состояния пустынных геосистем, создания научных основ защиты природы и устойчивого экономического развития. В засушливых районах мира, в процессе проведения физико-географических исследований, особое внимание уделяется вопросам рационального использования местных водных ресурсов и развитию орошаемого земледелия.
Ключевые слова: Опустынивания, водные ресурсы, районирования водосборных бассейнов, рациональное использование, охрана окружающей среды, борьбе с опустыниванием.

FIGHT FROM DESERTIFICATION BY WAY OF THE RATIONAL USE LOCAL WATER RESOURCE (ON EXAMPLE CENTRAL KYZYLKUM)

Abstract: Combating the processes of desertification occurring in arid regions of the world requires mitigating the processes of drought, optimizing the ecological state of desert geosystems, creating scientific foundations for nature protection and sustainable economic development. In the drylands of the world, in the process of conducting physical and geographical research, special attention is paid to the rational use of local water resources and the development of irrigated agriculture.
Keywords: Desertification, water resources, zoning of watersheds, rational use, environmental protection, desertification control.

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением численности населения мира растет и спрос на водные ресурсы, что требует рационального их использования и разработки новых методов в управлении в сфере водопользования. «Страны региона должны осознавать экологические проблемы, стоящие перед ними, и должны уделять особое внимание рациональному водопользованию, сокращению использования воды за счет рационального и эффективного использования водных ресурсов». Основная часть орошаемых земель, в том числе и в Узбекистане, охрана водных

источников и рациональное их использование, требуют на научной основе усовершенствования путей борьбы с процессами опустынивания.

В стране был достигнут ряд успехов в понижении степени опустынивания, дефляции в песчаных пустынях, сохранении растительного покрова, водной эрозии, высыхании Аральского моря и засоления орошаемых земель, техногенного опустынивания, в повышении продуктивности пастбищ. В Стратегии действий Республики Узбекистан, по пяти приоритетным направлениям развития в качестве важных задач обозначены «предотвращение экологических проблем, связанных со здоровьем и генетическим фондом населения, окружающей природной средой, улучшением снабжения его питьевой водой в сельских районах путем постепенного внедрения экономических и эффективных технологий…». В этой связи совершенствование методов накопления, хранения и использования местных водных ресурсов в Центральном Кызылкуме и предупреждение экологических проблем, таких,как опустынивание, имеют важное научно-практическое значение.

Наши исследования в определенной степени служат осуществлению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 «О Стратегии развития Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, «по дальнейшему развитию стратегии развития Республики Узбекистан на 2017-2021гг», о пяти приоритетных стратегий в «Развития социальной сферы», Указе Президента Республики Узбекистан УП-3405 «О Государственной программе по развитию ирригации и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель в 2018-2019 годах» от 27 ноября 2017 года, а также других нормативно-правовых документах, являются основой исследования данной работы.

Это исследование проводилось в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Научно-методологические основы изучения пустынных геосистем и их экологических проблем рассматриваются в работах многих известных зарубежных учёных (В.Вайсман, Ф.Пирс, М.Гланц, Ж.Ниул, Р.Фергюсон, Ю.Шуттер, Л.Перейра, Д.Кайзер, Т.Сайко, С.Брук, Д.Кашера, И.Кобори), также ученых стран СНГ (А.Обревиль, А.Б.Бабаев, В.А.Ковда, Б.Г.Розанов, Т.Н.Нечаева, В.Кунин).

Геоэкологические и теоретическо-методологические основы исследования Кызылкумов даны в работах Л.Н.Бабушкина, Н.А.Когай, Э.Д.Мамедова, М.П.Петрова, Л.Алибекова, М.Маматкулова, А.А.Рафикова, А.А.Абдулкасимова, А.Н.Нигматова, С.Б.Аббасова, Н.Р.Хамраева, С.А.Азимбаева, Л.П.Пейдо, П.Н. Гуламова, И.К.Назарова, Н.И. Сабитовой, Б.А.Бахритдинова, В.А.Рафикова, Ш.М. Шарипова и других.

Вопросам рационального использования природных ресурсов Центрального Кызылкума посвящено много работ, однако исследование местных водных ресурсов и проблема опустынивания недостаточно изучены.

До настоящего времени большинство исследований выполнялись в русле плановой экономики, которые не отвечают сегодняшним требованиям с точки зрения увеличения спроса на водные источники. В работе рассматриваются водные ресурсы территории, подверженные опустыниванию, что является отличительной чертой данного исследования.

Целью исследования является научная разработка предложений и рекомендаций по рациональному использованию местных водных ресурсов в борьбе с опустыниванием в Центральных Кызылкумах.

Методы исследования. В статье использованы методы полевой и экспериментальный, лабораторный и аналитический, метод пластики рельефа, сравнительно-географический, картографический, географической аналогии, статистический и бассейновый анализ.

На основе полученных научных результатов по изучению мобилизации местных водных ресурсов в Центральном Кызылкуме:

- составлена карта районирования водосборных бассейнов Центрального Кызылкума, применен на практике Нижнезарафшанским управлением ирригационных систем (Справка Управление ирригационных систем Нижнего Зарафшанского бассейна №01-03-105/3 от 09 марта 2018 года), в результате, в Канимехском районе были орошены новоосваимые земли;

- разработан метод накопления и хранения в открытых и закрытых гидротехнических сооружениях воды, внедрено Государственным комитетом по экологии и охране окружающей среды Республики Узбекистан (Справка Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Узбекистан 03-03/2-1716, от 12 марта 2018 года.), направленное на улучшение экологического состояния территории и обеспечения население качественной питьевой водой;

- Составлена карта районирования бассейнов временных водотоков в Центральном Кызылкуме, использовано Государственным комитетом по экологии и охране окружающей среды Республики Узбекистан (Справка Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Узбекистан 03-03/2-1716, от 12 марта 2018 года), в результате они послужили научной основой в проведении и уточнении границ геосистем Кызылкума;

- были применены на практике и совершенствованы методы использования в пустынных землях, пригодных для орошаемого земледелия в локальных и лиманных ирригационных систем (Справка Управление ирригационных систем Нижнего Зарафшанского бассейна №01-03-105/3 от 09 марта 2018 года), которые позволили в Канимехском районе развить орошаемое земледелие на 10 гектарах в фермерском хозяйстве «Кариката».

Проанализированы теоретико-методологические основы изучения опустынивания и засухи. Проведен анализ геолого-геоморфологической структуры Центрального Кызылкума, почвенно-растительного покрова, годовой температуры и осадков. Появление и развитие пустынных геосистем обусловлено образованием палеозойских остаточных гор, образованием мезозойских плато и

тонких слоев отложений четвертичного периода кайназоя. Возникновение временных водотоков и сухих русел является результатом проявления пролювиального шлейфа грядовых песков.

Исследования местных водных ресурсов Центрального Кызылкума, проводятся с использованием различных подходов. Сравнительный, метод географической аналогии, картографические и методы районирования имеют большое теоретико-методологическое значение. В настоящее время бассейновый и экологический подходы помогут прояснить научную перспективу будущих тенденций процессов опустынивания. Установлено отличие пустыни Кызылкум от других пустынь геолого-геоморфологическим строением, почвенным покровом и растительностью. Из-за больших объемов испарения в этом районе земледелие осуществляется искусственным орошением.

Научные основы и закономерности рационального использования местных водных ресурсов в Центральном Кызылкуме, с учетом природных условий и экономических особенностей развития нашей республики укрепляет теоретические аспекты и обоснованность научной работы.

Изучена на основании полевых исследований атмосферных осадков, формирования стока, почвенного и растительного покрова и гидрогеологических условий. Было проанализировано распределение осадков по территории и годовые изменения температуры. Было установлено, связь между рельефом, климатом (дождь и снег), почвенным покровом, геоботаническим и гидрогеологическими факторами в формировании водного стока. Количество осадков изображено на основе данных метеорологических станций Акбайталь, Кулдудук, Бузовбай, Тамди и Машикудук, расположенных в Кызылкуме (рис 1).

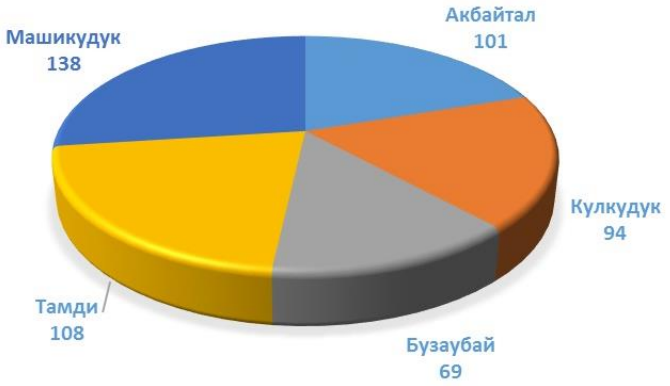


Рис. 1. Средние многолетние годовые количества осадков, в мм

Данные подготовлены на основе материалов метеостанций расположенных в Кызылкумах.

Сравнительно с другими территориями а Машикудуке осадков больше, что связано с особенностями строения рельефа. Среднегодовое количество осадков в Центральном Кызылкуме составляют около 108-138 мм. Среднегодовые осадки на горных склонах составляют 202-238 мм.

Для накопления местных вод особенно важна роль такыров и такырных почв. В сезон дождей наблюдается накопление воды до четырех раз в год и на 1 кв. км площади такыров приходится до 15 000 кубометров воды в год. Определены механический состав, степень водопроницаемости, химический состав почв на опытных участках фермерских хозяйств Маданият и Кариката. В целом, выращивание сельскохозяйственных культур с использованием местных ирригационных систем в песчаных пустынных почвах возможно и позволяет развивать орошаемое земледелие.

Определено географическое распространение растений и их влияние в накоплении временных проточных вод, высотная поясность растений на останцовых горах. Тип растений определяет глубину залегания грунтовых вод и содержание влаги в почвах. В зависимости от рельефа, климата, литологического состава и глубины залегания грунтовых вод пустынные растения можно разделить на следующие типы: 1) Растения каменистых пустынь; 2) Песчаные пустынные растения; 3) Растения глинистых пустынь; 4) Растения засоленных пустынь.

По результатам гидрогеологических исследований и полевых экспериментов были изучены подземные воды Центрального Кызылкума. Минерализация вод, на опытном участке Кариката, артезианских скважин №1, №3, №17, №18 составляет 1,85-4,05 г/л и считается годным для орошения. Дебит подземных вод составляют 836,37 тыс. $м^3$/сутки, из которых подтверждено 516,79 тыс. $м^3$/сутки, что дает возможность орошения от 2000 до 5000 гектаров при помощи локальных оросительных систем.

Разработан метод определения объема атмосферных осадков, составлена карта районирования водосборных бассейнов Центрального Кызылкума, основанная на методе пластики рельефа. В результате определены границы водосборных бассейнов, описаны геометрические формы сформированных низин и возвышенностей. Точное представление структуры является основой для изучения процессов связей рельефа и природных географических компонентов. В частности, это позволяет отразить системное строение структуры земной поверхности, почвенного слоя, направления литодинамических и геохимических потоков. Метод пластики рельефа позволяет легко определить интенсивность скорости потока, ширину, длину и площадь водосборного бассейна. В научной литературе недостаточно информации о повышении эффективности использования временных поверхностных вод, об изучении структуры и условий формирования этого потока. Изучение процессов накопления временных проточных вод в определенных районах, разработка и методика накопления и использования является целесообразной для повышения эффективности использования стока временных водотоков.

Общее количество стока дождевых вод и снега в Центральном Кызылкуме составляет 21,4-34,7%, из которых 3-5 мм осадки составляет 12,7-23,7%, 5-10 мм осадки составляют 8,5-14,5 % и 20 мм осадки - 2% общего объема. Максимальное количество единовременных осадков (3-5 мм) приходится с февраля по

апрель, а минимум - на июль-август. Такое выпадение осадков составляет около 3-15 раз в год, а осадки в 5 мм 3-8 раз в год. Распределение осадков в течении года выглядит следующим образом: 1 мм осадки 50-63%, 5 мм - 24-44%, 10 мм с 3-17% годовых осадков.

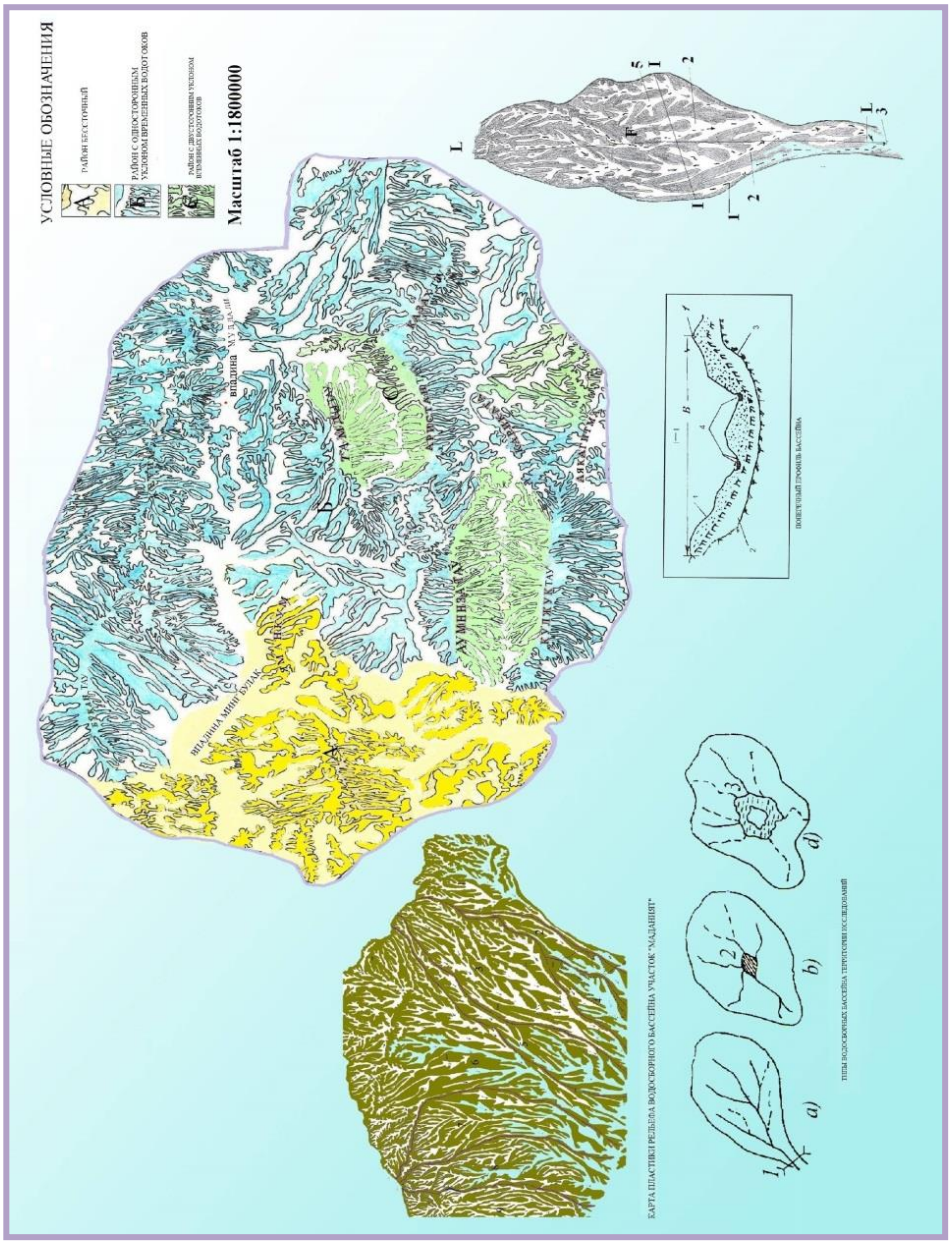


Рис. 2. Карта районирования водосборных бассейнов Центрального Кызылкума на основе метода пластики рельефа

Вода в такырах и такырных землях по условиям формирования и по степени накопления в бассейнах временных водотоков разделена на приходную, расходную и полезно используемые части. Для сохранения и управления балансом приходной части бассейнового стока и предотвращения утечки вод на фильтрацию и испарение, а также для сокращения энергетических и трудовых ресурсов за счет использования искусственного стока, в хозяйственных целях необходи-

мо рассмотреть возможности накопления поверхностных водных ресурсов. Бассейны водосбора поверхностных вод нами разделены на следующие 3 зоны: 1) Зона формирования стока; 2) Транзитная зона стока 3) Зона накопления стока.

По формированию все временные водотоки можно разделить на три типа бассейнов (по схеме Н.М. Алюшинского): такырные земли, земли низкогорий с глинистыми почвами, межгорные равнины низкогорий.

В межгорных равнинах гор Кульджуктау и Ауминзатау на площади 270 км^2 осадки при выпадении до 10 мм, интенсивностью 0,05 мм/мин, в грунтах с глинистым механическим составом собирается 518 000 м^3 воды. Подсчитано, что на этой же площади при скорости осадков 0,1 мм/мин можно собрать 1296 тыс. м^3 воды.

В результате проведенных исследований, на основе метода пластики рельефа, водосборные бассейны Центрального Кызылкума были разделены на три региона.

1. Район, где нет стока во временных руслах водотоков. Почвенный покров песчаный и супесчаный, грунтовые воды сильно засолены, наклон 0-5 градусов, при осадках 15 мм поток воды не формируется.

2. Район с односторонним уклоном временных водотоков. В грунтах с содержанием до 15% песка и глины, при количестве осадков 5 мм, интенсивностью 0,075 мм/мин, а в увлажненных землях при осадках 5 мм интенсивностью 0,01 мм/мин при уклоне на склонах (более 5°) формируются временные водотоки

3. Район с двусторонним уклоном временных водотоков (более 5°). Почвенный покров сформирован на глинистых отложениях. Это такыры, где хорошо формируются временные водотоки. Здесь при осадках 5 мм, интенсивностью 0,075 мм/мин формируется водоток. При содержание влаги 15% в песчаных почвах, и в глинистые почвах интенсивностью осадков 0,01 мм/мин, также формируется водотоки.

Представлен обзор эффективных методов управления водными ресурсами и перспектив совершенствования ирригационных систем для региона.

Технически очень сложно собирать, количественно и качественно сохранить дождевые воды на больших территориях в Центральном Кызылкуме. Поэтому целесообразно воспользоваться и улучшать традиционные методы использования населением собираемой воды.

Хаузы в центре такыров глубиной 1,5-2 м (каак, кок), колодцы глубиной 25-30 м (чирли), сардобы (крытые резервуары) сохраняют весеннюю воду до конца июля. Естественно, что воды в колодцах не нагреваются, не испаряются и обеспечивают полный доступ к воде в засушливое время, рационально используя воду в условиях засухи. (Таблица 1)

В способе создания искусственно созданных пресноводных вод на соленых водах, линза пресной воды, образованная из атмосферных осадков, опускается до природного сооружения - сборника-коллектора. В этом гидротехническом сооружении запасы пресной воды достигают 100 000 м^3.

Таблица 1

Водные ресурсы Центрального Кызылкума

№	Место положение	Останцевые горы	Предгорные неизменности	Межгорные котловины	Такыр	Впадина	Эоловые пески	Всего
1.	Родник	12	18	12	-	16	-	58
2.	Колодец	35	23	-	-	38	102	198
3.	Артезианские колодцы	25	20	-	-	16	10	74
4.	Каак, чирле	-	-	-	8	-	-	8
5	Сардоба	-	4	-	-	3	-	7
6	Водосборные бассейны	36	17	13	-	20	-	86

Карстовые воды, которые обычно формируются в «осадочных» породах из атмосферной влаги в горах Центральных Кызылкумов, могут быть важным источником воды для степной зоны. Они расположены на глубине от 23 до 750 метров, и, если пробурить скважину, то потечет вода имеющая хорошее качество для потребления. Тектоническая карстовая вода Центральных Кызылкумом также может стать важным источником воды для будущего в борьбе с опустыниванием.

Многие межпластовые воды выходят в виде природных родников на окраинах впадин Карахатун, Аякагытма, Бешбулак, Тубелексой, Мингбулак. Объем и температура воды сильно различаются. Скорость воды в некоторых источниках достигает от 35 л/с до 100 л/с. Эти артезианские воды используются для животноводства, пастбищного водоснабжения, биопродуктивности и выращивания бахчевых. Эксперименты показали, что орошение артезианскими водами стало хорошим результатом роста сельскохозяйственных культур. Местные ирригационные системы могут оросить от 2 тыс. до 5 тыс. гектаров земель.

Особое внимание было уделено роли фито мелиорации в борьбе с опустыниванием в Центральном Кызылкуме. При ежегодном количестве осадков 100-200 мм, защитные полосы из черного саксаула позволили увеличить относительную влажность воздуха. Даже, за несколько лет низкой продуктивности, в полосе саксаулов масса эфемеров выросла на 14-18% относительно открытого пастбища. Лесополосы из саксаула приводят к уменьшению дефляции (ветровая эрозия).

Лиманная ирригационная система, собирая воду в весеннее время временных водотоков, создаваемых сильными дождями в горной области, замедляет ее при помощи искусственных плотин в предгорьях. В местах накопления глинистых отложений выращиваются различных зерновые культуры, собирается урожай. Этот метод рекомендуется использовать на предгорных равнинах Центрального Кызылкума.

Устойчивая урожайность достигнута за счет использования временных водотоков на Ближнем Востоке. Это результат эффективного использования старой ирригационной системы, даже если годовое количество осадков не превышает 80 мм. Следует отметить, что количество осадков в Центральном Кызылкуме в два раза выше. Следовательно предлагаемая нами методы управления временными стоками воды можно широко использовать в Центральном Кызылкумские в борьбе с процессами опустынивания.

В последнее время модернизированное орошение осуществляется в Иордании, Израиле, Саудовской Аравии и других странах (И.Н. Масленникова, 1983). Возможность использования временных водотоков не требует больших капитальных затрат и технически относительно проста.

По результатам исследований на основе рационального использования местных водных ресурсов рекомендован комплекс мер по борьбе с опустыниванием в Центральном Кызылкуме, и определены перспективные направления далнейщих разработок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено современное геологическое и геоморфологическое строение Центрального Кызылкума, почвенный и растительный покров, отличающийся от других пустынных районов. Из-за больших объемов испарения в этом районе земледелие определяется искусственным орошением. Сезонное использование пустынных пастбищ в регионе, хозяйственное освоение пустынь, круглогодичное обеспечение животноводческого сектора пищей, зависит от водоснабжения и атмосферных осадков в течение года.

2. Выявлено, что среднее количество атмосферных осадков в Центральном Кызылкуме, типично для пустынной зоны, составляет среднегодовое количеством осадков около 108-138 мм. Их количество возрастает с запада на восток. Разработаны научно географические рекомендации по рациональному использованию и защите пресной воды, образующейся при атмосферных осадках. Рельеф и площадь водосборного бассейна, содержание влаги в почвенном покрове, водопроницаемость и механический состав почв, количество и интенсивность осадков, являются определяющими факторами количества стока временных водотоков.

3. Запасы подземных вод в Центральном Кызылкуме в сумме составляют 836,37 тыс. м^3/сут, из которые утверждено 516,79 тыс. м^3/сут. Артезианские воды низинных впадин могут быть использованы для животноводства, пастбищного водоснабжения, биопродуктивности и выращивания бахчевых культур.

4. При разработке физико-географических основ выделения границ временных водотоков в Центральном Кызылкуме целесообразно применение карты пластики рельефа. На карте пластики рельефа выделяются территории повышений и понижений имеющие в определенные геометрические формы. Данная карта составлена на основе крупномасштабной топографической карты, которая дала возможность изучить взаимосвязь рельефа с другими компонентами бассейна стока.

5. Повторяемость осадка, формирующих временные водотоки в Центральном Кызылкуме составляет 3-8 раз в год. Если средняя влажность супесчаной почвы составляет 10,7%, то на площади 270 км^2 накапливается 518 000 м^3 воды, при этом, если интенсивность осадков составляло 0,1 мм/мин, то количество воды составит 1296 000 м^3 (по схеме Н. Алюшинского).

6. Районирование бассейнов геосистем было выполнено на основе карты пластики рельефа. В результате проведенных исследований, на основе метода пластики рельефа, водосборные бассейны Центрального Кызылкума были разделены на три региона: 1. Район, где нет стока временных водотоков вод. 2. Район с односторонним уклоном временных водотоков. 3. Район с двусторонним уклоном временных водотоков. В этом отношении была подчеркнута роль бассейнового метода. Так как каждый район является одним из форм рельефа, его морфологией (склон, возвышенность, низменность и т.д.), имеет водосборную площадь со свойственной геометрической формой, где выделяется склон, выпуклый и вынутый морфологическое строение бассейна с характерными природными условиями, водами, растениями и механическим составом почвы, физико-химические характеристикой и другими показателями.

7. Требуется улучшение использования традиционных методов населения в использовании водных ресурсов такыров, низкогорий и межгорных равнин, а также накопления, хранения и рационального использования атмосферной воды временных водотоков формирования элементов бассейна, транзита и определение зон аккумуляции в условиях пустыни на равнинах, которое является единственным источником водных ресурсов в борьбе с процессами опустынивания.

8. Усовершенствовать методы накопления (водохранилища и открытые резервуары), хранения (гидротехнические сооружения открытого и закрытого типов) и рационального использования атмосферных осадков (орошения и обводнения). В этом случае появляется возможность в улучшении экологических условий проживания населения и обеспечения их чистой качественной питьевой водой.

9. Использование временных водотоков и запасов подземных вод путем создания локальной и лиманной оросительной системы в предгорных равнинах Центрального Кызылкума позволят освоить с 2 тыс. до 5 тыс. гектаров плодородных земель.

Список источников

1. Тухтаева Х.Т. Опустынивание и борьба с ним в Кызылкумах. //Экология хабарномаси. №5/2006.Тошкент.Б.31-32.(11.00.00; №1)

2. Тухтаева Х.Т., Калонов Б.Х.Махмудова М.К. Технологии земледелия в пустыне Кызылкум. // Ўзбекистон география жамияти ахбороти. 28-жилд.– Тошкент, 2007. Б.100-102.(11.00.00; № 6).

3. Тухтаева Х.Т., Рахматов Ю.Б. Технология водоснабжения в пустыне Кызылкум. //Проблемы освоения пустынь. Международный научно-практический журнал. № 3-4 Ашхабад, 2010, – С. 54-56.(11.00.00; № 6).

4. Tukhtaeva Khabiba Toshevna. Mobilizing local water resources for the development of local desert irrigation systems// European Sciences review. Austria, Vienna № 1-2.2018, January-February.–P. 13-15. (11.00.00; № 2).

5. Азимбоев С.А., Тухтаева Х.Т. Водные ресурсы пустынь в бассейне Аральского моря. //Проблемы управления водных ресурсов в бассейне Аральского моря. Материалы международной конференции. – Ташкент, 2002. – С.38-42.

6. Азимбаев С.А., Тухтаева Х.Т. Развитие локальных систем орошения в пустыне. //Use of Geographic systems and simulation models for research and decesion basing. Humboldt-college. International conference-Tashkent. 2004.– P.221-223.

7. Азимбоев С.А., Пейдо Л.П., Л.Н. Большакова, Тухтаева Х.Т. Опыт разработки локальной систем орошения с модульным строением для Аяккудукского массива. //Ўзбекистон жанубида ер ва сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш муаммолари: Республика илмий-амалий конференция материаллари. –Қарши. 2004.– Б.102 -105.

8. Тухтаева Х.Т., Азимбаев С.А. Специфизические особенности природы и экологические принципы сохранения экосистем Центральной Кызылкумов. //Ўзбекистон Республикаси биологик хилма-хиллигининг экологик муаммолари: Республика илмий-амалий конференция материаллари. –Навоий. 2006.– Б.181-183.

9. Тухтаева Х.Т. Водные ресурсы пустынь Центрального Кызылкума. //Актуальные проблемы биоразнобразия Памиро-Алая и Тянь-Шаня. Международной-научно-практической конференция. Ош, 2011. – С. 101-105.

10. Тухтаева Х.Т., Рахимов А.А.Geomonitoring and land and water resources in Central Kyzyl kum. //Международный журнал «Наука и мир», г.Волгоград, 2017. – С.99-103.

Авторский коллектив

Абдуалиев Н.Х., Бовина Ю.А., Борулько В.Г., Герасименя В.П., Девяткова А.В., Джаббаров Ш.Б., Жвалевский А.И., Игнатенко Н.И., Иноятов К.Х., Исаев А.С., Королева Т.М., Кудинова О.В., Лосева Н.И., Моисеева А.В., Москвичев А.С., Москвичева Е.В., Мочунова Н.А., Намозов С.Б., Орлов Е.В., Рудикова-Фронхёфер Л.В., Сакута В.П., Соболева И.Ю., Старикова А.С., Тухтаева Х.Т., Фединишина Е.Ю., Широков Ю.А., Щедловская М.В.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ

Монография

Под общей редакцией
кандидата экономических наук Г. Ю. Гуляева
Подписано в печать 27.04.2023.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 10,1
Тираж 500 экз.

МЦНС «Наука и Просвещение»
440062, г. Пенза, Проспект Строителей д. 88, оф. 10
www.naukaip.ru

ISBN 978-5-00173-795-7

9 785001 737957 >

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в Международных научно-практических конференциях!

Дата	Название конференции	Услуга	Шифр
5 июня	XII Международная научно-практическая конференция **АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1729
5 июня	X Международная научно-практическая конференция **ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ, РЕГИОНОВ, СТРАН: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1730
5 июня	III Международная научно-практическая конференция **ОБРАЗОВАНИЕ, ВОСПИТАНИЕ И ПЕДАГОГИКА: ТРАДИЦИИ, ОПЫТ, ИННОВАЦИИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1731
5 июня	XIV Международная научно-практическая конференция **ЮРИСПРУДЕНЦИЯ, ГОСУДАРСТВО И ПРАВО: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1732
5 июня	II Международная научно-практическая конференция **ТРИБУНА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1733
7 июня	Международная научно-практическая конференция **ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1734
7 июня	XLIII Международная научно-практическая конференция **НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: СОХРАНЯЯ ПРОШЛОЕ, СОЗДАЁМ БУДУЩЕЕ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1735
10 июня	VII Международная научно-практическая конференция **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1736
10 июня	XXXIII Международная научно-практическая конференция **СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1737
12 июня	III Международная научно-практическая конференция **НАУЧНЫЙ ФОРУМ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1738
12 июня	XVIII Всероссийская научно-практическая конференция **МОЛОДЫЕ УЧЁНЫЕ РОССИИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1739
15 июня	LXV Международная научно-практическая конференция **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1740
15 июня	XIII Международная научно-практическая конференция **СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И МОЛОДЫЕ УЧЁНЫЕ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1741
15 июня	V Международная научно-практическая конференция **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1742
15 июня	V Международная научно-практическая конференция **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1743
15 июня	V Международная научно-практическая конференция **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЮРИСПРУДЕНЦИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1744
17 июня	VII Международная научно-практическая конференция **НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 2023**	90 руб. за 1 стр.	МК-1745
17 июня	XIII Международная научно-практическая конференция **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1746
20 июня	XXX Международная научно-практическая конференция **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**	90 руб. за 1 стр.	МК-1747

www.naukaip.ru