

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЗАО «БРЕСТСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК»

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Сборник статей
международной научно-практической конференции
Часть 2

Брест 2024

УДК 69:331.36(08)

ББК 38:74.04р

П27

Редакционная коллегия

Главный редактор:

Шалобыта Н. Н. – проректор по научной работе, к. т. н., доцент

Члены редколлегии:

Онысько С. Р. – декан машиностроительного факультета, к. т. н., доцент

Мешик О. П. – декан факультета инженерных систем и экологии, к. т. н., доцент

Парфиевич А. Н. – декан факультета электронно-информационных систем, к. т. н., доцент

Зазерская В. В. – декан экономического факультета, к. э. н., доцент

Павлова И. П. – декан архитектурно-строительного факультета, к. т. н., доцент

Рецензенты

Железяко В. И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»

Найчук А. Я. – профессор, д. т. н., доцент кафедры строительных конструкций УО «Брестский государственный технический университет»

П27 Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров: сб. статей междунар. науч.-практ. конф. в 2-х ч. / редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2024. – Ч. 2. – 288 с.

ISBN 978-985-493-645-1 (ч.2).

ISBN 978-985-493-643-7.

В сборник вошли научные статьи по итогам международной научно-практической конференции «Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров» (31 октября – 2 ноября 2024 г., Брест), в которых рассматривается широкий спектр перспектив и возможностей инновационного развития предприятий, регионов и отраслей, а также инструменты инновационной макроэкономической политики.

УДК 69:331.36(08)

ББК 38:74.04р

ISBN 978-985-493-645-1 (ч.2)

ISBN 978-985-493-643-7

© Издательство БрГТУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАУЧНЫЙ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТЫ

Алешко А. В., Коцуба Е. М., Козинский А. А.

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ
ДВИЖЕНИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДАХ** 6

Дворяк Д. А., Алуев Е. А.

**ОБЗОР И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ
УЯЗВИМОСТИ XSS НА PHP В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ** 17

Коваленко В. Н., Трипутько А. И., Гуринович А. Д.

**К ВОПРОСУ ДЕТАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ
ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ**..... 30

Козинский А. А., Сухаревич Д. С.

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
 ГИБКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СВЕТОФОРОВ**..... 39

Лихацевич А. П., Малышко А. В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ**..... 47

Лхагва Одончимег

**ПРЕДСКАЗАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ КИБЕРПРЕ
СТУПЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**..... 65

Ляпин С. А., Капский Д. В., Ляпина А. С.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИЕЙ,
PR И РЕКЛАМОЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**..... 76

Маняшин А. В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ STAMM
В ОБУЧЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**..... 86

Монтик Н. С., Рудецкий Е. В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА..... 93

Назаров С., Рахимов М, Аннабердиев Ш., Алламырадов Я.

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СВЯЗИ
УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН В STEM ОБРАЗОВАНИИ**..... 102

Nomin-Erdene T., Odonchimeg L.

**ARDUINO-BASED DEVICE MODELING: INDOOR AIR QUALITY
OF SICT THE RESULTS OF EVALUATION STUDIES**..... 112

Тарасевич М. Д.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗВОЗА ТОВАРА СО СКЛАДА
ПО ТОРГОВОМУ ЗАЛУ БЕСПИЛОТНОЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКОЙ** 121

Ходоскина О. А.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	129
---	------------

**СЕКЦИЯ 4
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПОДГОТОВКА КАДРОВ**

Беликова Е. Г., Волынец У. А., Гойшик М. Д.

КОРПОРАТИВНОЕ СТРАХОВАНИЕ ЖИЗНИ СОТРУДНИКОВ	134
--	------------

Беликова Е. Г., Шиманович Е. В., Пытляк М. А.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ	141
--	------------

Бондарская О. В.

ФИНАНСОВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	148
---	------------

Бондарская Т. А.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	154
--	------------

Гарчук И. М.

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ	161
--	------------

Geldiyeva B. J., Akmyradov G. G.

THE ROLE OF LEARNING VOCABULARY IN ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES.....	167
--	------------

Жариков Р. В., Безпалов В. В.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ В ЭЛЕМЕНТАХ МАРКЕТИНГОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	175
--	------------

Лабкович А. Н.

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ О АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	180
---	------------

Лукашкова О. Ю.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА И ПОДГОТОВКА КАДРОВ.....	187
--	------------

Машенцева Н. Г.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ	190
---	------------

Минько Л. В.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ.....	197
---	------------

Немогай Н. В., Бонцевич Н. В., Колесников С. Д.

ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	202
---	------------

Сидорович А. А.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ АДМИНИСТРАТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДСКИХ
ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛАРУСИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ 209**

Khodoskin D. P., Atamanenko A. S.

**INTRODUCTION OF A SEPARATE PEDESTRIAN REGULATION
PHASE AS A MEANS OF REDUCING EMERGENCY LOSSES IN ROAD TRAFFIC 223**

Чары Акмырадов, Акнабат Аннаева, Гозел Сейидова, Огулджахан Тячмухаммедова

**УМНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ
И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ 234**

СЕКЦИЯ 5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Абдыкадырова О. Н., Гурбанмырадов Ю. А., Келова Ш. Н.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕРТОРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ 241**

Бочарова Н. В., Игнатюк В. И., Никитина А. А.

О РАСЧЕТАХ ДВУХШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРОК 248

Мазур Ю. В., Андреев С. В., Рахуба В. И., Андреев Е. С.

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ
КАДРОВ ГУМАНИТАРНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 255**

Надольский В. В.

**КРИТЕРИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ 263**

Надольский В. В.

**ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 271**

Пойта П. С., Шалобьта Н. Н., Шалобьта Т. П.

**НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 280**

СЕКЦИЯ 3
ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
НАУЧНЫЙ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ И ПРИКЛАДНОЙ АСПЕКТЫ

УДК 656.13.05

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ
ДВИЖЕНИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДАХ**

*А. В. Алешко, студентка, факультет электронно-информационных систем,
кафедра интеллектуальных информационных технологий, Брестский
государственный технический университет, Брест, Беларусь,
e-mail: aleshkoangelina82@gmail.com,*

*Е. М. Коцуба, студентка, факультет электронно-информационных систем,
кафедра интеллектуальных информационных технологий, Брестский
государственный технический университет, Брест, Беларусь,
e-mail: Katakocuba07@gmail.com*

*А. А. Козинский, доцент кафедры интеллектуальных информационных
технологий, Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, e-mail: kaa1964@bk.ru*

Реферат

В данной статье рассмотрена оптимизация управления дорожным движением в современных городах.

Рассмотрены перспективы оптимизации управления дорожным движением в современных городах, проблематика быстрого роста автомобильного парка, необходимость внедрения новых методов регулирования дорожного транспорта для снижения количества заторов и улучшения эффективности движения на загруженных участках дороги. Описаны преимущества и недостатки различных методов оптимизации управления дорожным движением, сравнение приведенных в статье методов. Анализированы методы расчета параметров координированного регулирования для оптимизации работы светофоров при рассмотрении как теоретических, так и практических аспектов исследования. Представлены расчеты методов оптимизации управления для определенного набора данных, исследованы результаты полученных расчетов и сделаны выводы по эффективности использования данных методов оптимизации.

Ключевые слова: оптимизация, дорожный транспорт, магистрали, лента времени, ширина ленты времени, светофорный цикл, зеленая волна.

OPTIMIZATION OF TRAFFIC MANAGEMENT IN MODERN CITIES

A. V. Aleshko, E. M. Kotsyba, A. A. Kazinski

Abstract

This article discusses the optimization of traffic management in modern cities.

The prospects of optimizing traffic management in modern cities, the problems of rapid growth of the automobile fleet, the need to introduce new methods of regulating

road transport to reduce congestion and improve traffic efficiency on busy road sections are considered. The advantages and disadvantages of various methods of optimizing traffic management are described, and the methods given in the article are compared. The methods of calculating the parameters of coordinated regulation for optimizing the operation of traffic lights are analyzed when considering both theoretical and practical aspects of the study. Calculations of control optimization methods for a certain data set are presented, the results of the calculations are investigated and conclusions are drawn on the effectiveness of using these methods of optimization.

Keywords: optimization, road transport, highways, time tape, time tape width, traffic light cycle, green wave.

Введение

Современные проблемы дорожного движения связаны с быстрым ростом автомобильного парка, который опережает развитие инфраструктуры, создавая социальные и экономические трудности. Интенсивное движение приводит к заторам, повышенному износу транспортных средств, загрязнению воздуха и ухудшению здоровья населения. Традиционные методы регулирования, такие как светофоры, не справляются с нагрузкой из-за устаревших алгоритмов.

Оптимизация координированного управления транспортными потоками [1–7] позволяет снизить заторы и повысить безопасность на дорогах. Современные системы интеллектуального регулирования, использующие адаптивное управление, могут увеличить скорость движения на 20 %. В Беларуси с 1980-х годов разрабатываются автоматизированные системы управления, доказавшие свою эффективность в крупных городах, однако они требуют дальнейшего развития.

Данное исследование анализирует методы расчета параметров координированного регулирования для оптимизации работы светофоров, рассматривая как теоретические, так и практические аспекты. Эти методы могут значительно улучшить качество дорожного движения в городах, способствуя созданию адаптивных систем управления [8–11], соответствующих условиям современного транспорта.

Постановка задачи оптимизации движения на перекрестках

Оптимизация дорожного движения на перекрестках является одной из ключевых задач современной транспортной системы, особенно в условиях растущей плотности транспортных потоков. Перекрестки, будучи узловыми точками городской дорожной сети, концентрируют основные проблемы движения: высокую интенсивность транспортных средств, частые остановки и разгоны, увеличенные затраты времени и топлива. Именно здесь возникают наибольшие очереди, которые существенно снижают общую пропускную способность дорог.

Неэффективное управление движением на перекрестках приводит к накоплению транспортных средств, увеличивая риск аварийных ситуаций. Согласно статистике, от 25 % до 45 % дорожно-транспортных происшествий происходит именно на перекрестках. Это делает их самым уязвимым элементом городской транспортной системы. В условиях недостаточной пропускной способности и устаревших алгоритмов работы светофоров становится очевидной необходимость внедрения новых, более эффективных методов управления движением. Задача заключается в разработке таких алгоритмов, которые позволят максимально эффективно использовать существующую инфраструктуру, снижая заторы и улучшая безопасность дорожного движения.

Теоретическая часть

Эффективное управление дорожным движением является критически важным для обеспечения плавного и безопасного передвижения транспорта, особенно в условиях ограниченного пространства и высокой интенсивности движения на магистральных улицах. Одним из наиболее эффективных способов улучшения пропускной способности дорог является оптимизация работы светофорных объектов. Координация их работы с целью минимизации задержек и заторов достигается за счет правильного подбора сдвигов – моментов включения фаз регулирования на каждом перекрестке, которые определяются относительно произвольно выбранного нулевого момента времени.

В мировой практике используется метод TRANSYT, который помогает в построении плана координации (ПК) для светофорных объектов на магистралях. Эта макроскопическая автономная компьютерная программа позволяет изучать и оптимизировать движение от изолированных дорожных развязок до крупных сетей. Однако качество полученного плана во многом зависит от начальных параметров регулирования и выбранного цикла. Лучший результат достигается при использовании сдвигов, соответствующих ленте времени максимальной ширины.

Лента времени представляет собой совокупность графиков движения автомобилей, построенных в системе координат «время – расстояние» или «время – время проезда». Она позволяет автомобилям двигаться по магистрали без остановок, если они следуют со средней скоростью транспортного потока. Для построения ленты времени используются данные о временах проезда между последовательными стоп-линиями, длительности цикла регулирования и продолжительности разрешающих сигналов.

Существует три метода формирования ленты времени максимальной ширины: графоаналитический метод, расчетный метод и модифицированный расчетный метод. Графоаналитический метод основывается на визуальном представлении движения транспортных средств через систему координат. Расчетный метод позволяет получить прямую и обратную ленты времени максимальной суммарной ширины, но требует совпадения моментов переключения разрешающих сигналов, что не всегда возможно на практике. Модифицированный расчетный метод учитывает дополнительные факторы, такие как различия в структурах промежуточных тактов на перекрестках и особенности схем организации движения.

Оптимизация параметров светофорного регулирования с учетом максимальной ширины ленты времени является важным шагом в совершенствовании управления транспортными потоками, особенно в условиях увеличивающейся транспортной нагрузки на городские магистрали. Внедрение таких методов позволяет повысить скорость движения, уменьшить количество остановок на перекрестках и снизить выбросы загрязняющих веществ, что способствует улучшению экологической обстановки в городах.

Графоаналитический метод

Для организации эффективного движения на участке улично-дорожной сети рассматриваются схемы, параметры элементов магистрали и светофорного регулирования. Исходные данные включают схемы, длины элементов и продолжительность циклов светофорного регулирования (Таблица 1).

Условные обозначения: а, в, с, d – продолжительность тактов цикла светофорного регулирования (время горения соответственно красного, красно-желтого, зеленого и желтого сигналов светофора).

Таблица 1 – Значения параметров участка улично-дорожной сети, циклов светофорного регулирования и скоростей

L _A , м		L _{AB} , м		L _B , м		L _{BB} , м		L _B , м		L _{BГ} , м		L _Г , м		Скорость, км/ч, V _{АГ} , V _{ГА}	
30		310		20		180		32		300		20		40	45
Значения циклов светофорного регулирования по перекресткам, с															
А				Б				В				Г			
a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
25	3	21	3	27	3	23	3	35	2	27	2	26	3	22	3

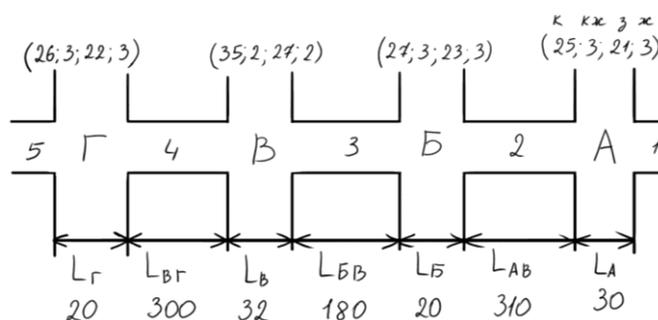


Рисунок 1 – Схема участка улично-дорожной сети (по данным)

Ключевым перекрестком считается тот, где рассчитана наибольшая длительность цикла, и его параметры используются для координации управления другими перекрестками. В условиях высокой интенсивности движения длительность циклов светофоров рекомендуется сокращать на 15–20 %. График координации строится на основе схемы магистрали с указанием расстояний между перекрестками и режимов регулирования. Показатель т_л определяет ширину так называемой ленты времени. Лента времени устанавливает безостановочное движение: если фактический график движения находится внутри ленты, движение будет безостановочным.

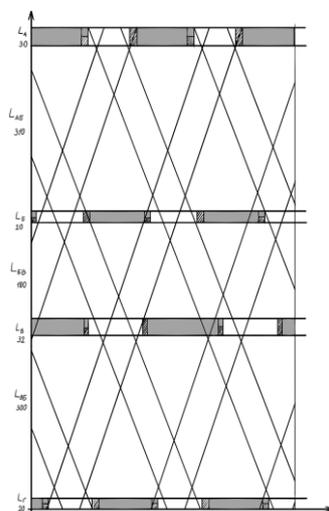


Рисунок 2 – Первоначальный этап построения графика координированного движения

Для встречного направления используется аналогичная лента времени с обратным наклоном. Коррекция графика осуществляется изменением ширины ленты, расчетной скорости или длительности зеленого сигнала, но эти изменения должны быть разумными.

После коррекции графика на него наносят все ленты времени для потоков прямого и встречного направлений. В результате он приобретает законченный вид (рисунок 3).

Для расчета задержек транспортных средств на регулируемых перекрестках используется формула Вебстера.

$$t_{\Delta p} = 0,9 \left(\frac{T_{\text{ц}}(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda X)} + \frac{X^2}{2N(1-X)} \right) \quad (1)$$

$$t_{\Delta p} = 0,9 \left(\frac{32(1-0,4)^2}{2(1-0,4 \times 9)} + \frac{9^2}{2 \times 2,22(1-9)} \right) = 0,9 \left(\frac{1040}{111} - \frac{1}{708624} \right) = 8,43,$$

где λ – отношение длительности разрешающего сигнала ко времени цикла; X – степень насыщения направления движения; N – интенсивность движения в данном направлении, ед/ч.

Отношение длительности разрешающего сигнала ко времени цикла:

$$\lambda = \frac{t_0}{T_{\text{ц}}} = \frac{21}{52} = 0,4, \quad (2)$$

где t_0 – время основного такта (горения зеленого света) для данного перекрестка, с; $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла светофорного регулирования, с.

Степень насыщения направления движения

$$X = \frac{T_{\text{ц}} \times N}{t_0 \times M_{\text{н}}} = \frac{52_{\text{с}} \times 2,22_{\text{ед/ч}}}{22000_{\text{ед/ч}} \times 21_{\text{с}}} = 9, \quad (3)$$

где $M_{\text{н}}$ – поток насыщения в данном направлении; принимается равным 2200 ед/ч.

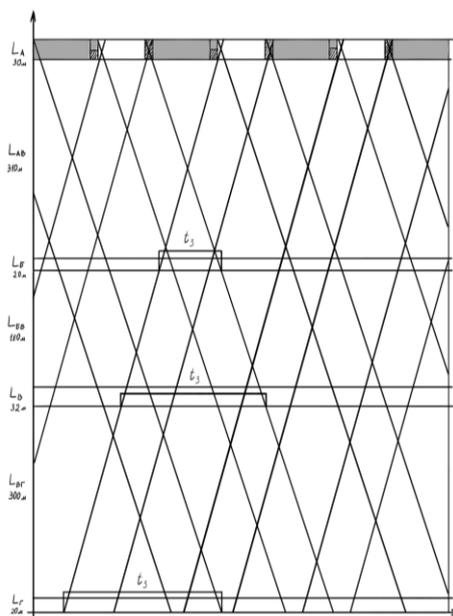


Рисунок 3 – График координированного управления движением на городской магистрали

График координированного управления позволяет обеспечить синхронизацию светофоров и минимизировать задержки транспорта, улучшая пропускную способность магистрали.

Поиск оптимальной схемы движения по городу с использованием принципа «зеленой волны»

Объект исследования – это сеть дорог, регулируемая светофорами. Основное внимание уделяется зависимости времени поездки от скорости и маршрута движения. Принцип «зеленой волны» описывается следующим образом: «Зеленая волна» – это система автоматического управления светофорами, которая синхронизирует сигналы таким образом, чтобы автомобили могли проезжать расстояния между перекрестками без остановок, двигаясь с определенной скоростью. Эффективность координированного регулирования зависит от соблюдения водителями этой расчетной скорости. Синхронная система (или "зеленая улица"): сигналы одинаковой продолжительности включаются одновременно на всех перекрестках магистрали.

Моделирование "зеленой улицы" представляет собой перемещение по маршруту с синхронизированными светофорами. Предполагается, что движение начинается одновременно с включением зеленого сигнала. Все данные для расчетов принимаются равными значениям из таблицы 1.

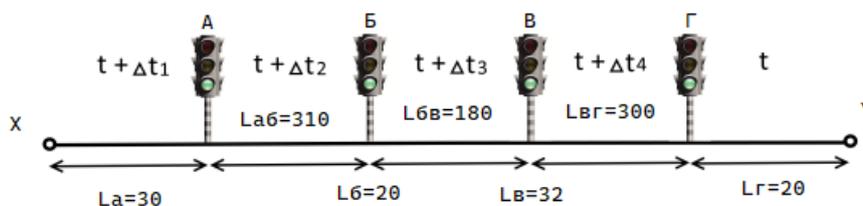


Рисунок 4 – Схема маршрута для демонстрации эффекта «зеленой улицы»

Время проезда определяется суммой времени проезда между перекрестками и задержек на красный сигнал:

$$t_{AG} = t_A + (t_{AB} + t) + (t_{BB} + t) + (t_{BG} + t) + t_G, \quad (4)$$

где t_{AG} – время проезда по маршруту АГ; t_{AB} , t_{BB} , t_{BG} – время проезда одного отрезка маршрута; t – время задержки на светофорах.

Рассмотрим первый отрезок: автомобиль стартует из точки X при включении зеленого сигнала на светофоре А, расстояние до светофора – 30 м, скорость – 40 км/ч (11,1 м/с). Время проезда до светофора А составляет 1,35 с. В заданных условиях зеленый сигнал продолжает гореть при подходе автомобиля к светофору. Аналогичные расчеты проводятся для остальных светофоров до достижения точки Y.

Если автомобиль достигает перекрестка при зеленом сигнале, он продолжает движение без остановки, учитывая время работы сигнала до пересечения перекрестка. При красном сигнале – ожидает включения зеленого. Важно учитывать время на торможение и разгон, приблизительно 10 секунд на каждую остановку.

В таблице 2 представлен пример результата расчетов с помощью таблицы в Microsoft Excel для скорости 40 км/ч.

Таблица 2 – Пример результата расчетов для скорости 40 км/ч

	A	B	C	D	E	F
1	Номер отрезка	A	AB	BB	BG	Г
2	Длина отрезка S, м	15	335	206	326	10
3	Время отрезка t, с	1,35	30,18	18,56	29,37	0,90
4	Время задержки Δt, с	-	33,82	-	-	-
5	Время, к-е работал зел.свет tзс, с	19,65	-	9,09	16,72	-
6	Количество переключений светофора n	0	2	4	7	-
7	Общее время tAG, с	114,18				

В таблице 2 приведены результаты расчетов для скорости 40 км/ч, где видно, что автомобиль останавливался на красный сигнал в пункте С, с задержкой примерно 33,82 секунды. Таким образом, общее время проезда при "зеленой волне" составило 114,18 секунд.

Детерминированная модель расчета плана координации по магистрали

Исследование касается модели городской магистрали длиной L, начинающейся и заканчивающейся Т-образными перекрестками, с самой высокой интенсивностью движения. Магистраль включает n+1 перекрестков, каждый из которых оснащен двухфазным светофором.

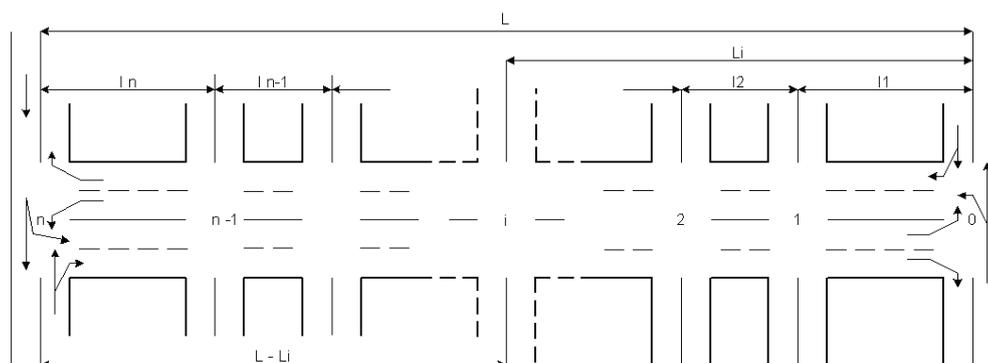


Рисунок 5 – Схема магистрали с n+1 перекрестками

Для упрощения модели введены следующие ограничения.

1. **Поток автомобилей.** На Т-образных перекрестках автомобили въезжают и выезжают в равночисленных пачках. Размер пачки определяется длительностью зеленого сигнала светофора. Считается, что на Т-образных перекрестках всегда достаточно автомобилей для формирования пачки заданного размера. Количество въезжающих и выезжающих пачек на обоих концах магистрали одинаково.

2. **Скорость движения.** Автомобили в пачке движутся с одинаковой скоростью v , без эффекта диффузии пачки. Размер пачки остается постоянным.

3. **Длительность цикла.** Длительность светофорного цикла T_u равна времени, необходимому для прохождения переднего края пачки длиной $l_{нач}$ по самому короткому участку магистрали:

$$l_k = \min_{i=1}^n \{l_1, l_2, \dots, l_n\} \quad (5)$$

4. **Светофоры.** Все светофоры работают с одинаковым временем цикла. Светофоры на начальном и конечном перекрестках (СФ00 и СФ0n) синхронизированы, а остальные могут иметь фазовый сдвиг относительно базовых светофоров при необходимости.

5. **Длина пачки.** Длина пачки $l_{пач}$ автомобилей, формируемых на входах магистрали (СФ00, СФ0n), определяется как $l_{пач} = v * t_3$, где t_3 – время зеленого сигнала на входных светофорах СФ00 и СФ0n.

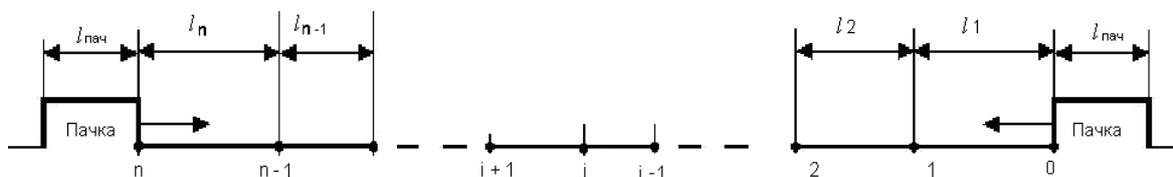


Рисунок 6 – Въезд пачек автомобилей на магистраль

Основная цель координации светофоров – обеспечение непрерывного движения транспорта, что экономически важно для снижения расхода топлива, выбросов и шума. План координации состоит из сдвига фаз, длительности фаз и цикла регулирования. Возможны три топологии магистрали: равные расстояния между перекрестками, кратные минимальному расстоянию и некратные отрезки.

В последнем случае расчеты сводятся к определению фазового сдвига светофоров, чтобы колонны автомобилей могли без остановок проезжать магистраль. Остаток r_i от деления расстояния до светофора на базисный отрезок определяет задержку зеленого сигнала. Рассмотрим третий случай. Самый короткий отрезок магистрали l_k , который является базисным (по нему рассчитывалась длительность цикла). Разделим этот отрезок на десять равных частей и обозначим полученный дискрет длины $\Delta l = l_k / 10$ (6). Ему соответствует временной дискрет $\Delta t = T_u / 10$ (7).

$$T_u = \frac{206_m}{11,1_m/c} = 18,54_c;$$

$$\Delta t = \frac{T_u}{10} = \frac{18,54_c}{10} = 1,854_c;$$

$$\Delta l = \frac{l_k}{10} = \frac{206_m}{10} = 20,6_m.$$

Рассчитаем остаток от деления расстояния L_i до i -го светофора на l_k :

$$L_i = p * l_k + r_i, \quad (8)$$

где p – частное от деления на l_k , а r_i – остаток, расстояние меньше $2l_k$, т. е. $0 < r_i < l_k$.

Пример расчета для участка $L_{01} = 350$ м показал остаток $r_i = 0,6$, что соответствует задержке 0,6 дискрета времени. Аналогичные расчеты проведены для других участков.

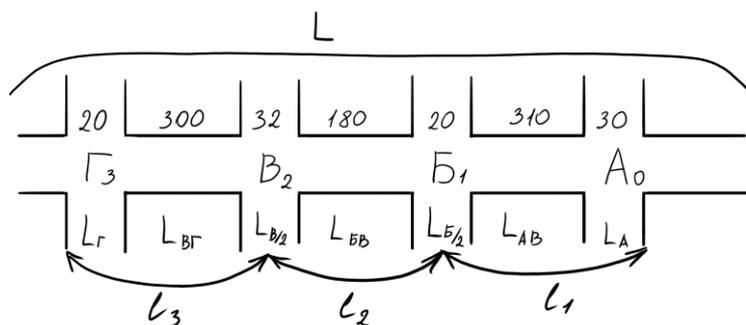


Рисунок 7 – Общий вид участков пути

$l_1 = L_{01} = 350 \text{ м}$, $l_2 = L_{02} = 206 \text{ м}$, $l_3 = L_{03} = 336 \text{ м}$,
 $l_k = 206 \text{ м}$, $l_{нач} = v * t_3$ (для 0 и n), $l_{нач} = 11,1 \text{ м/с} * 21 \text{ с} = 233 \text{ м}$ (для 0),
 $l_{нач} = 11,1 \text{ м/с} * 22 \text{ с} = 244 \text{ м}$ (для n).

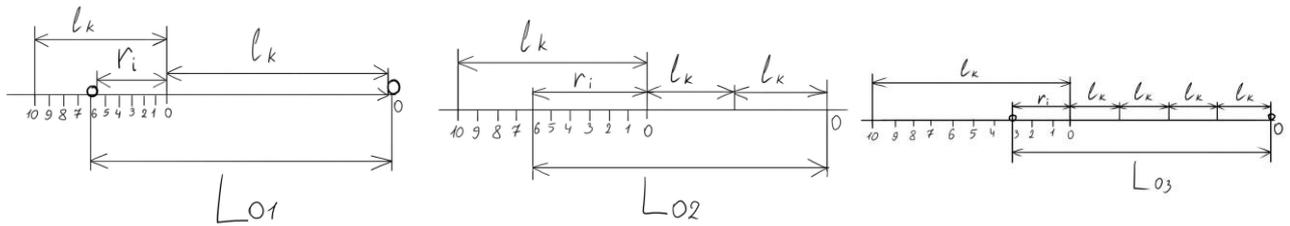


Рисунок 8 – Укладка справа налево отрезков l_k на магистраль и образование остатка r_i на участке L_{01} , L_{02} , L_{03}

Для участка L_{01} : $L_{01} = p * l_k + r_i$, $350 = 1 * 206 + 144$,
 $r_i = 0,6 T_u$ или $10 - r_i = 0,4 T_u$.

Для участка L_{02} : $L_{02} = p * l_k + r_i$, $556 = 2 * 206 + 144$
 $r_i = 0,6 T_u$ или $10 - r_i = 0,4 T_u$.

Для участка L_{03} : $L_{03} = p * l_k + r_i$, $892 = 4 * 206 + 68$
 $r_i = 0,3 T_u$ или $10 - r_i = 0,7 T_u$.

Аналогичная ситуация наблюдается и при встречном движении, то есть от СФО n и до СФО i.

$$L - L_i = m * l_k + c_i. \quad (9)$$

Проведем вычисления для наших значений.

Итак, с $1 = 6 \Delta t$, $6 \Delta t + 4 \Delta t = 10 \Delta t$ – занято зеленым сигналом светофора. Таким образом, $10 \Delta t + 2 \Delta t = 12 \Delta t$. На боковое направление съезда остается $-2 \Delta t$. Эти же данные получатся для расстояния $L - L_{02}$. Для расстояния $L - L_{03}$: с $2 = 0 \Delta t$, $3 \Delta t$ – остается на боковое направление съезда.

Построение номограммы транспортных потерь (остатков) показывает, что светофорный объект может быть удачно или неудачно расположен на магистрали. Потери зеленой фазы светофорного цикла могут быть полупродуктивными (проезд потока в одном направлении) и непродуктивными (отсутствие проезжающих автомобилей).

Матрица потерь Q_i размером 10×10 учитывает остатки r_i и c_i . Эти данные используются для оптимального распределения времени светофорного цикла, чтобы минимизировать транспортные потери и обеспечить эффективное управление движением.

Формулы для расчета времени зеленого сигнала t_3 и времени для бокового направления $t_{3б}$ позволяют определить оптимальные светофорные фазы для максимальной эффективности использования магистрали

Время горения зеленого сигнала по магистрали t_3 должно быть

$$t_3 = Q_i + l_{нач} / v. \quad (10)$$

На конкурирующее направление (боковое) остается время :

$$t_{3б} = T_u - (Q_i + l_{нач} / v). \quad (11)$$

Формулы (10), (11) являются достаточными для расчета светофорных фаз.

$$Q1 = [| c_1 - r_1 |] = 0 < 5.$$

$$Q2 = [| c_2 - r_2 |] = 0 < 5.$$

$$Q3 = [10 - | c_3 - r_3 |] = 10 - 7 = 3 > 5.$$

$$t_{31} = t_{32} = 0 + 233/11,1 = 21 \text{ с.}$$

$$t_{361} = t_{362} = -21 \text{ с} + 18,54 \text{ с} = -2,5 \text{ с.}$$

$$t_{33} = 3 \text{ с} + 21 \text{ с} = 24 \text{ с.}$$

$$t_{363} = 18,5 \text{ с} - 24 \text{ с} = -5,5 \text{ с.}$$

Таблица 3 – Матрица – номограмма остатков

Движение справа налево

Движение слева направо	c\r	0	-1	-2	-3	-4	-5 (+5)	-6 (+4)	-7 (+3)	-8 (+2)	-9 (+1)
	0	0	1	2	3	4	5	4	3	2	1
	-1	1	0	1	2	3	4	5	4	3	2
	-2	2	1	0	1	2	3	4	5	4	3
	-3	3	2	1	0	1	2	3	4	5	4
	-4	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
	-5 (+5)	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4
	-6 (+4)	4	5	4	3	2	1	0	1	2	3
	-7 (+3)	3	4	5	4	3	2	1	0	1	2
	-8 (+2)	2	3	4	5	4	3	2	1	0	1
	-9 (+1)	1	2	3	4	5	4	3	2	1	0

Сравнение методов

В данной работе мы рассмотрели различные методы координации работы светофоров, включая графоаналитический метод, принцип "зеленой волны" и детерминированную модель расчета плана координации. Каждый из этих методов имеет свои уникальные особенности, преимущества и недостатки. Результаты расчетов для графоаналитического метода и детерминированной модели расчета плана координации оказались равными 24 с. Однако графоаналитический метод исключает из себя точность и наглядность детерминированной модели расчета, также требует значительной корректировки при построении, но позволяет визуально оценить движение транспортных потоков и является интуитивно понятным. Метод трудоемкий, требует тщательного анализа и плохо приспособлен к динамическим изменениям транспортных потоков. Основные преимущества детерминированной модели расчета – учет широкого спектра факторов и точные расчеты для обеспечения непрерывного движения. Однако метод требует сбора и анализа большого объема данных и может быть менее гибким при резких изменениях в транспортной обстановке.

Принцип "зеленой волны" направлен на создание условий для непрерывного движения автомобилей по магистралям с минимальными остановками на светофорах. Основные преимущества включают снижение транспортных задержек, увеличение средней скорости движения и сокращение выбросов вредных

веществ. Однако метод требует точной настройки скорости и фаз светофоров, что сложно в реальных условиях дорожного движения. Благодаря данному методу можно явно отследить произведенные двумя предыдущими методами улучшения дорожного движения. Таким образом, если изменить продолжительность тактов цикла светофорного регулирования зеленого и красного цвета на 24 с., то общее время уменьшится с 114,18 с до 106,83.

Выбор наиболее подходящего подхода зависит от конкретных условий и целей управления дорожным движением. Графоаналитический метод полезен для визуального анализа и настройки светофоров, принцип "зеленой волны" улучшает транспортные условия на магистралях, а детерминированная модель предлагает наибольший потенциал для оптимизации, но требует значительных усилий для сбора данных и анализа. Эффективное управление дорожным движением в современном городе, вероятно, потребует сочетания различных методов и подходов для наилучшего удовлетворения потребностей всех участников дорожного движения и обеспечения бесперебойного и безопасного движения транспортных средств.

Заключение

В ходе исследования был проведен обзор литературы, посвященный проблематике координированного регулирования дорожного движения, с акцентом на анализе существующих моделей и методов расчета параметров.

Рассмотренные в данной работе подходы, такие как графоаналитический метод, принцип "зеленой волны" и детерминированная модель расчета, демонстрируют различные возможности оптимизации работы светофоров. Каждый из методов имеет свои преимущества и ограничения, что делает их сочетание необходимым для достижения максимальной эффективности. Внедрение интеллектуальных систем адаптивного управления, которые способны учитывать динамические изменения транспортных потоков, может значительно снизить зазоры, повысить среднюю скорость движения и улучшить экологическую ситуацию в городах.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в разработке и апробации более гибких и адаптивных алгоритмов управления, которые смогут учитывать изменяющиеся условия городской среды и обеспечивать безопасное и непрерывное движение транспортных средств [12–15].

Список цитированных источников

1. Войцехович, О. Ю. Жесткое и адаптивное управление автотранспортом / О. Ю. Войцехович, В. Н. Шуть // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. трудов / НИЦ ДД БНТУ. – Минск, 2011. – С. 159–164.
2. Войцехович, О. Ю. Стратегия оптимизации движения автомобилей по магистрали города с использованием бинарного дерева решений / О. Ю. Войцехович, В. Н. Шуть // Информационные технологии и системы 2011 (ИТС 2011) : материалы междунар. науч. конф., г. Минск / БГУИР. – Минск, 2011. – С. 187–188.
3. Иванов, В. П. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали / В. П. Иванов, В. Н. Шуть, О. Ю. Войцехович // Вестник БНТУ. – 2011. – №3. – С. 33–37.
4. Анфилец, С. В. Оценка эффективности светофорного регулирования на перекрестке при использовании адаптивного управления на основе нейросетевого прогнозирования транспортных потоков / С. В. Анфилец, В. В. Касьяник, В. Н. Шуть. // Нейроинформатика-2011 : сб. науч. трудов XIII Всеросс. науч.-технич. конфер., 24–28 янв. 2011 г., г. Москва / Науч.-исслед. Ядерн. Ун-т МИФИ. – М., 2011. – Ч. 1.

5. Шуть, В. Н. Оптимизация и координация управления светофорными объектами / В. Н. Шуть, О. Ю. Войцехович // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. статей Междунар. науч.-практич. конф., 23–24 окт. 2010 г., г. Минск. – С. 69–73.
6. Шуть, В. Н. Модель магистрали для компьютерного расчета планов координации / В. Н. Шуть // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем : Материалы третьей Междунар. науч.-практич. конф., 12 мая 2011 г., г. Челябинск ; под ред. О. Н. Ларина, Ю. В. Рождественского / ЮУрГУ. – Челябинск, 2011. – С. 256–261.
7. Шуть, В. Н. Концепция городского бессветофорного движения / В. Н. Шуть // Електроніка та інформаційні технології (ЕЛІТ-2012) : Матеріали IV-ої науково-практичної конф., 27–30 серпня 2012 р., Львів – Чинадієво. – С. 11–14.
8. Шуть, В. Н. Мультиагентный подход в решении транспортных проблем городов / В. Н. Шуть, В. В. Касьяник // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы ИИ-2012 : Материалы Междунар. науч.-технич. конф., г. Донецк / ИПИИ. – Донецк, 2012. – С. 203–206.
9. Anfilets, S. Application of algorithms for searching motion in the frame for the detection of vehicles / S. Anfilets, V. Kasyanik, V. Shuts // PRIP'-2011 : Proceedings of the 11 International Conference. – Minsk, 2011. – P. 378–380.
10. Anfilets, S. V. Adaptive Control Algorithm Based on a Phased Set of Traffic Lights on Main Street / S. V. Anfilets, V. N. Shuts // Transbaltica-2011 : Proceedings of the 7th International Scientific Conference, 5-6 May 2011, Vilnius, 2011 – P 7–10.
11. Vaitsekhovich, O. Real-time strategy of arterial traffic movement optimization with binary tree building / O. Vaitsekhovich, V. Shuts // Transbaltica-2011 : Proceedings of the 7th international scientific conference, 5–6 May 2011, Vilnius, 2011. – P. 142–148.
13. Shuts, V. N. Determined Model and Scale Diagrams to Investigate Problem of Transport Delays / V. N. Shuts, O. Vaitsekhovich // Transport and Telecommunicatio/ – 2011. – Vol. 12/ – No 4. – P. 52–60.
14. Shuts, V. Determined model of coordination for an arterial highway. / V. Shuts, O. Vaitsekhovich // Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat'11) : Proceedings of the 11th International Conference, 19–22 Oct. 2011, Riga, Latvia. – P 135–139.
15. Shuts, V. A new approach to solve crosswalk problems / V. Shuts, O. Vaitsekhovich // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Minsk : 2010. – P. 176–181.

УДК 004.4'22

ОБЗОР И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УЯЗВИМОСТИ XSS НА РНР В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ

Д. А. Дворяк, бакалавр, Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия, e-mail: dianadvoryak.w@gmail.com

*Е. А. Алуев, инженер-программист «ЭПАМ Системз» ИООО,
Брест, Беларусь, e-mail: alooeff@gmail.com*

Реферат

В статье рассматриваются методы предотвращения уязвимости XSS (Cross-Site Scripting) в веб-приложениях на РНР, с акцентом на их эффективность и применимость на практике. Статья представляет обзор каждого метода, включая его основные принципы работы, преимущества и недостатки. Кроме того, описываются реальные примеры применения каждого метода в практике

разработки веб-приложений на PHP и анализируются результаты их применения на университетском сервере. Статья предлагает полезные рекомендации и советы для обеспечения защиты от уязвимости XSS и повышения общего уровня безопасности веб-приложений.

Ключевые слова: уязвимость XSS, PHP, веб-приложения, защита, экранирование данных, Content Security Policy, валидация данных, HTTP Only куки, обучение разработчиков, обновление библиотек.

REVIEW AND APPLICATION OF METHODS TO PREVENT XSS VULNERABILITY IN PHP IN WEB APPLICATIONS

D. A. Dvoryak, E. A. Alooeff

Abstract

The article discusses methods for preventing XSS (Cross-Site Scripting) vulnerabilities in PHP web applications, focusing on their effectiveness and applicability in practice. The article provides an overview of each method, including its basic operating principles, advantages, and disadvantages. In addition, real-life examples of each method's application in PHP web application development are described and the results of their application on a university server are analyzed. The article offers useful recommendations and tips for ensuring protection against XSS vulnerabilities and increasing the overall security level of web applications.

Keywords: XSS vulnerability, PHP, web applications, protection, data shielding, Content Security Policy, data validation, HTTP Only cookies, developer training, library updates.

Введение

Уязвимость XSS (Cross-Site Scripting) остается одной из наиболее распространенных и опасных угроз безопасности веб-приложений. Эта атака позволяет злоумышленникам внедрять и выполнять вредоносный код JavaScript на стороне клиента, что может привести к краже сессий, перенаправлению на фишинговые сайты, утечке конфиденциальной информации и другим серьезным последствиям для пользователей и владельцев веб-ресурсов. Язык программирования PHP является одним из наиболее популярных инструментов для разработки веб-приложений, существует ряд эффективных методов и стратегий, которые помогают предотвратить уязвимость XSS. В данной статье будут рассмотрены различные подходы к защите от XSS-атак в веб-приложениях на PHP и исследованы их преимущества, недостатки и возможности применения на практике. Особое внимание уделяется методам предотвращения уязвимости XSS, таких как экранирование выводимых данных, использование Content Security Policy (CSP), валидация входных данных, использование HTTP Only cookie, обучение разработчиков и регулярный аудит кода, использование специализированных библиотек и фреймворков, а также регулярное обновление библиотек и языка программирования. Эти методы представляют собой ключевые составляющие в построении надежной системы безопасности для веб-приложений на PHP и необходимы для защиты конфиденциальности и целостности данных пользователей. Понимание и применение этих методов позволяет

разработчикам создавать безопасные и надежные веб-приложения, обеспечивая высокий уровень защиты от уязвимости XSS и других угроз безопасности.

Обзор существующих методов защиты XSS

В современном информационном обществе безопасность веб-приложений становится одним из наиболее важных аспектов, требующих постоянного внимания и развития. Одним из наиболее распространенных видов угроз является межсайтовый скриптинг (XSS), представляющий собой атаку, направленную на внедрение вредоносного JavaScript-кода на веб-страницу, который выполняется в контексте доверенного сайта. В результате такой атаки злоумышленники могут получить доступ к конфиденциальной информации пользователя, украсть сессионные данные или выполнить другие вредоносные действия [1].

Для защиты от XSS существует ряд методов и подходов, которые исследуются и применяются в сфере информационной безопасности. Один из таких методов — экранирование данных перед их выводом на веб-страницу. Экранирование позволяет преобразовать специальные символы в HTML-сущности, тем самым предотвращая интерпретацию данных как кода JavaScript. Другим методом защиты является использование политики безопасности контента CSP. CSP позволяет веб-разработчикам определить, какие ресурсы и какой тип контента может быть загружен на страницу, что позволяет ограничить возможности атакующего внедрения и выполнения вредоносного кода. Также важным аспектом защиты от XSS является фильтрация и валидация входных данных. Это позволяет исключить специальные символы, которые могут быть использованы для инъекций вредоносного кода, таким образом, предотвращая успешную атаку XSS. Другие методы защиты включают использование HTTP Only cookie для ограничения доступа JavaScript к сессионным данным, обновление браузеров и использование современных стандартов разработки, которые включают в себя улучшенные механизмы безопасности [2].

Эффективная защита от XSS требует комплексного подхода, включающего в себя применение различных методов и тщательное тестирование на уязвимости. Постоянное обновление знаний и следование передовым практикам в области безопасности играют ключевую роль в обеспечении безопасности веб-приложений от атак XSS [3].

Разработка защиты от XSS уязвимостей

1 Разработка защиты с помощью экранирования выводимых данных

Новый способ защиты от XSS-атаки можно разработать, дополнив метод экранирования выводимых данных с использованием контекстно-специфичной фильтрации. Это означает, что экранирование будет происходить с учетом контекста, в котором данные будут использоваться на веб-странице. Для этого можно создать функцию, которая определяет контекст использования данных и применяет соответствующее экранирование. Например, если данные будут использоваться внутри атрибута HTML-тега, то экранирование должно быть различным, чем если данные будут выводиться внутри самого тега [4]. На рисунке 1 показан пример реализации такого подхода на PHP. Функция `custom_escape()` принимает аргументы: данные для экранирования и контекст использования, в зависимости от которого функция применяет различные методы экранирования данных с помощью функции `htmlspecialchars()`, что дает более гибкую и контекстно-специфичную защиту от XSS-атак [5].

```

<?php
function custom_escape($data, $context) {
    // Если данные будут использоваться внутри атрибута HTML-тега
    if ($context === 'attribute') {
        return htmlspecialchars($data, ENT_QUOTES | ENT_HTML5);
    }
    // Если данные будут использоваться внутри самого тега
    elseif ($context === 'tag') {
        return htmlspecialchars($data, ENT_HTML5);
    }
    // По умолчанию
    else {
        return htmlspecialchars($data);
    }
}

// Пример использования функции
$user_input = "<script>alert('XSS атака!');</script>";

// Экранирование для вывода внутри атрибута
$escaped_attribute = custom_escape($user_input, 'attribute');
echo "<div class='alert' data-message='" . $escaped_attribute . "'>Сообщение</div>";

// Экранирование для вывода внутри тега
$escaped_tag = custom_escape($user_input, 'tag');
echo "<p>" . $escaped_tag . "</p>";

```

Рисунок 1 – Защита с помощью экранирование выводимых данных

2 Разработка защиты с помощью использования CSP

Новый способ защиты от XSS-атак с использованием CSP может включать определение строгих правил для разрешенных ресурсов, в том числе разрешенных источников для загрузки скриптов и стилей. Дополнительно можно использовать CSP для блокировки встроенных скриптов и других потенциально опасных элементов на веб-странице. На рисунке 2 пример PHP-кода с использованием CSP для защиты от XSS-атак [6].

```

<?php
// Устанавливаем заголовок Content Security Policy
$csp_policy = "default-src 'self'; script-src 'self' https://cdnjs.cloudflare.com; style-src 'self' https://maxcdn.bootstrapcdn.com";
header("Content-Security-Policy: $csp_policy");

// Получаем данные из формы
$user_input = $_POST['user_input'];

// Выводим экранированные данные на страницу
echo "<p>Ваш ввод: " . $user_input . "</p>";

```

Рисунок 2 – Защита с помощью использования CSP

В данном примере установлен заголовок CSP с определением строгих правил для разрешенных ресурсов. Конкретно:

- "default-src 'self'" разрешает загрузку всех ресурсов (скриптов, стилей, изображений и т.д.) только из того же источника, что и сама страница;
- "script-src 'self' https://cdnjs.cloudflare.com" разрешает загрузку скриптов только из текущего источника и из CDN-сервера «cdnjs.cloudflare.com»;
- "style-src 'self' https://maxcdn.bootstrapcdn.com" разрешает загрузку стилей только из текущего источника и из CDN-сервера «maxcdn.bootstrapcdn.com».

Это означает, что любые скрипты и стили, загруженные с других источников, будут заблокированы, что предотвращает внедрение вредоносных скриптов на страницу [7].

3 Разработка защиты с помощью валидации входных данных

Для разработки нового способа защиты от XSS-атаки с использованием валидации входных данных можно реализовать пользовательскую функцию для

фильтрации данных, которая будет применять нестандартные правила валидации в зависимости от контекста использования данных [8]. На рисунке 3 изображен такой метод.

```
<?php
function custom_input_validation($input, $context) {
    // Валидация для использования внутри атрибутов HTML-тегов
    if ($context === 'attribute') {
        // Удаляем все символы, кроме букв, цифр, дефиса, подчеркивания и точки
        return preg_replace('/[^a-zA-Z0-9\-\_\.\]/', '', $input);
    }
    // Валидация для использования внутри текста HTML-тегов
    elseif ($context === 'text') {
        // Удаляем все теги HTML и их атрибуты
        return strip_tags($input);
    }
    // По умолчанию возвращаем исходное значение
    else {
        return $input;
    }
}

// Получаем данные из формы (предположим, что это сообщение от пользователя)
$user_input = $_POST['user_input'];

// Применяем валидацию для использования внутри атрибута HTML-тега
$validated_input_attribute = custom_input_validation($user_input, 'attribute');

// Применяем валидацию для использования внутри текста HTML-тега
$validated_input_text = custom_input_validation($user_input, 'text');

// Выводим валидированные данные на страницу
echo "<div data-attribute=\"" . $validated_input_attribute . ">Сообщение: " . $validated_input_text . "</div>";
```

Рис. 3 – Защита с помощью валидации входных данных

В этом примере создается функция `custom_input_validation()`, с аргументами: данные для валидации и контекст использования данных. В зависимости от контекста функция применяет различные правила валидации к данным. Для защиты от XSS-атак, в функции используется фильтрация данных с помощью регулярных выражений и функции `strip_tags()`, которая удаляет все HTML-теги из строки. Это позволяет гибко управлять валидацией данных в зависимости от их контекста использования, что помогает предотвратить XSS-атаки [9].

4 Разработка защиты с помощью использования HTTP ONLY COOKIE

Для разработки нового способа защиты от XSS-атак с использованием HTTP Only cookie можно реализовать механизм, который устанавливает HTTP Only флаг для всех создаваемых cookie в веб-приложении. Это поможет предотвратить доступ JavaScript к этим cookie и снизить риски XSS-атак. На рисунке 4 приведен пример кода с таким механизмом [10].

```
<?php
// Функция для установки куков с флагом HTTP Only
function set_http_only_cookie($name, $value, $expire = 0, $path = '/', $domain = '', $secure = false, $httponly = true) {
    // Устанавливаем куку с заданными параметрами
    setcookie($name, $value, $expire, $path, $domain, $secure, $httponly);
}

// Пример использования функции для установки куки
set_http_only_cookie('session_cookie', 'session_value', time() + 3600, '/', '', false, true);

// Получаем данные из куки
$session_data = $_COOKIE['session_cookie'];

// Выводим данные на страницу
echo "<p>Данные из куки: " . $session_data . "</p>";
```

Рисунок 4 – Защита с помощью использования HTTP Only cookie

В нем создается функция `set_http_only_cookie ()`, которая устанавливает cookie с параметрами, включая флаг HTTP Only. Затем используется эта функция для установки cookie 'session_cookie' с флагом HTTP Only. Таким образом, использование этого механизма позволяет устанавливать HTTP Only флаг для всех cookie, что обеспечивает дополнительный уровень защиты от XSS-атак путем предотвращения доступа JavaScript к cookie [11].

5 Разработка защиты с помощью обучения специалистов и регулярного аудита кода

Новый способ защиты от XSS-атак с использованием обучения разработчиков и регулярного аудита кода может включать в себя разработку и реализацию стандартов безопасного программирования, а также применение проактивных практик при разработке кода [12]. Вот несколько шагов, которые можно предпринять для защиты от XSS-атак с использованием данного подхода:

- проведение обучающих сессий и тренингов для разработчиков о безопасности веб-приложений, включая основы XSS-атак и методы их предотвращения;
- разработка и внедрение стандартов безопасного программирования. В эти стандарты должны входить рекомендации по защите от XSS-атак, такие как использование экранирования и валидации данных, применение безопасных API и библиотек [13];
- проведение регулярных аудитов кода на наличие уязвимостей, включая XSS-атаки. Это может быть выполнено как автоматически, с использованием инструментов для статического анализа кода, так и вручную, через ревью кода другими членами команды [14].

На рисунке 5 пример PHP-кода с применением данных практик.

```
<?php
// Пример безопасной обработки данных из формы
if ($_SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {
    // Получение данных из формы
    $username = clean_input($_POST["username"]);

    // Сохранение данных в базу данных или их использование
    // ...
}

// Функция для очистки входных данных от потенциально опасных символов
function clean_input($data) {
    // Экранирование специальных символов HTML
    $data = htmlspecialchars($data);
    // Дополнительные проверки и фильтрация данных могут быть добавлены здесь
    return $data;
}
```

Рисунок 5 – Защита с помощью обучения разработчиков и регулярного аудита кода

В этом примере функция `clean_input ()` экранирует специальные символы HTML к данным из формы, прежде чем они будут использованы в веб-приложении. Это обеспечивает защиту от XSS-атак путем предотвращения интерпретации вводимых данных как HTML-кода. При данном подходе регулярные обучающие сессии и аудиты кода будут способствовать улучшению безопасности веб-приложения и снижению риска XSS-атак [15].

6 Разработка защиты с помощью использования специальных библиотек и фреймворков

Новый способ защиты от XSS-атак с использованием специализированных библиотек и фреймворков может включать в себя создание пользовательских компонентов или оберток, которые предоставляют безопасные методы для

работы с данными пользователей. На рисунке 6 рассмотрено пример создания такой обертки в виде класса в PHP.

```
<?php
// Класс SafeOutput для безопасного вывода данных на страницу
class SafeOutput {
    // Метод для экранирования специальных символов HTML
    public static function escape($data) {
        return htmlspecialchars($data, ENT_QUOTES, 'UTF-8');
    }
}

// Пример использования SafeOutput для безопасного вывода данных на страницу
$user_input = "<script>alert('XSS');</script>";
$safe_output = SafeOutput::escape($user_input);
echo "<p>Данные пользователя: " . $safe_output . "</p>";
```

Рисунок 6 – Защита с помощью использования специализированных библиотек и фреймворков

В этом примере создается класс SafeOutput, содержащий метод escape () для безопасного экранирования спецсимволов HTML в данных пользователя. Метод htmlspecialchars () используется для экранирования данных и предотвращения выполнения вредоносного JavaScript-кода на стороне клиента. Теперь можно использовать этот класс в коде для безопасного вывода данных на страницу, как показано в примере. При вызове метода escape () данные пользователя будут безопасно обработаны и выведены на страницу, предотвращая возможные XSS-атаки. Таким образом, разработка пользовательских компонентов или оберток с использованием спец. библиотек и фреймворков позволяет создать безопасные методы работы с данными пользователей, что способствует защите от XSS-атак [16].

7 Разработка защиты с помощью обновления библиотек и языка программирования

Новый способ защиты от XSS-атак с использованием обновления библиотек и языка программирования может включать в себя автоматизированную систему контроля версий и уведомлений об обновлениях, которая будет следить за актуальностью используемых библиотек и языка программирования. При обнаружении доступных обновлений система будет автоматически оповещать разработчиков, чтобы они могли обновить свое веб-приложение и устранить известные уязвимости. На рисунке 7 изображен пример такой системы [17].

```
<?php
// Проверка доступных обновлений библиотек и языка программирования
function check_updates() {
    // Проверка обновлений для PHP
    $php_version = phpversion();
    $latest_php_version = "7.4.0"; // Предположим, это последняя версия PHP
    if ($php_version < $latest_php_version) {
        echo "Доступно обновление для PHP. Пожалуйста, обновите до версии " . $latest_php_version . "<br>";
    }

    // Проверка обновлений для других библиотек и зависимостей
    // ...

    // Отправка уведомлений разработчикам о доступных обновлениях
    // Например, через электронную почту, мессенджеры и т.д.
}

// Проверка обновлений при каждом запросе к странице
check_updates();
```

Рисунок 7 – Защита с помощью обновления библиотек и языка программирования

В этом примере функция check_updates () выполняет проверку наличия доступных обновлений для PHP и других библиотек или зависимостей. Если

обновления доступны, она выдает соответствующее сообщение. Этот код может быть интегрирован во все страницы веб-приложения, чтобы обеспечить регулярную проверку. Такой подход обеспечивает более высокий уровень безопасности за счет регулярного обновления используемых библиотек, что помогает предотвращать возможные XSS-атаки и другие уязвимости [18].

Результаты разработки способов защиты от XSS уязвимости

Метод экранирования данных, таких как функция `htmlspecialchars()`, эффективно предотвращает XSS-атаки путем преобразования специальных HTML-символов в эквиваленты HTML-сущностей. Этот метод является простым и широко используемым в практике разработки веб-приложений на PHP.

Внедрение CSP позволяет определить, какие ресурсы и какой контент могут быть загружены в веб-приложении. Это эффективный механизм защиты от межсайтового скриптинга и помогает предотвратить XSS-атаки путем ограничения возможностей загрузки и выполнения вредоносных скриптов.

Валидация и фильтрация входных данных позволяют исключить специальные символы, которые могут быть использованы для инъекций JavaScript. Использование функций PHP, таких как `filter_input()` и `filter_var()`, помогает предотвратить XSS-атаки путем проверки и фильтрации данных перед их использованием [19].

Использование HTTP Only cookie. Установка флага HTTP Only для cookie ограничивает доступ JavaScript к ним, что помогает предотвратить кражу сессий и другие атаки, связанные с XSS. Этот метод эффективен для защиты конфиденциальных данных.

Использование спец. библиотек и фреймворков. Многие современные PHP-фреймворки, такие как Laravel и Symfony, предоставляют встроенные механизмы защиты от XSS, что упрощает разработку безопасных веб-приложений. Использование таких фреймворков обеспечивает автоматическую защиту от XSS-атак без необходимости ручной реализации.

В целом, эти методы предоставляют разнообразные инструменты и стратегии для предотвращения уязвимости XSS на языке программирования PHP в веб-приложениях. Их эффективное применение позволяет создать надежную систему защиты, которая минимизирует риск возникновения XSS-атак и обеспечивает безопасность пользовательских данных и функциональности веб-приложений [20].

Результаты сравнительного анализа эффективности методов предотвращения XSS

Для тестирования были использованы университетская инфраструктура. Был установлен веб-сервер Apache и настроен сервер для обработки запросов PHP, используя PHP-FPM в качестве обработчика, а также база данных MySQL, конфигурация которой была оптимизирована для ожидаемой нагрузки, включая настройки буфера и соединения. Были установлены необходимые расширения PHP для оптимизации производительности интерпретатора PHP. Было настроено ведение журнала сервера для анализа ошибок и предупреждений, которые могут повлиять на производительность. Эти действия помогли подготовить серверы к тестированию улучшения производительности API. Требования и функции приложения учитывались при выборе конкретных настроек и пакетов для установки.

1 Экспериментальный дизайн

Для оценки эффективности различных методов предотвращения XSS в PHP-приложениях были проведены исследования с методами, указанными в таблице 1.

Таблица 1 – Методы исследований

Экранирование данных	Использование функции htmlspecialchars()
Использование Content Security Policy (CSP)	Настройка CSP заголовков
Валидация входных данных	Использование функций filter_input() и filter_var()
HTTP Only куки	Настройка куков с флагом HttpOnly
Специализированные библиотеки и фреймворки	Использование встроенных функций Laravel для предотвращения XSS

Параметры оценки указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры оценки

Время выполнения (Execution Time)	Среднее время обработки запроса
Нагрузка на сервер (Server Load)	Использование процессора и памяти
Удобство использования (Ease of Use)	Оценка сложности внедрения метода
Снижение уязвимостей (Vulnerability Reduction)	Количество успешно предотвращенных XSS-атак

В результате применения методов получены следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты

	Время выполнения, сек	Нагрузка на сервер	Удобство использования	Снижение уязвимостей
Экранирование данных	0,002	Минимальная	Высокое (просто использовать)	90 %
Использование CSP	0,0015	Незначительная	Среднее (требуется настройка)	95 %
Валидация входных данных	0,003	Незначительная	Высокое (простые функции)	85 %
HTTP Only куки	0,002	Незначительная	Высокое (простая настройка)	80 %
Спец. библиотеки и фреймворки	0,0025	Незначительная	Высокое (встроенные функции)	95 %

До применения методов предотвращения XSS, веб-приложение было уязвимо к следующим видам атак:

- вставка вредоносных скриптов в форму ввода данных;
- кража куков и сессий пользователей;
- перенаправление пользователей на фишинговые сайты.

После внедрения методов предотвращения XSS результаты указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты

	До	После
Экранирование данных		
Время выполнения	0,003 сек.	0,002 сек. (улучшение на 33 %)
Уязвимостей обнаружено	10	1 (снижение на 90 %)
Использование CSP		
Время выполнения	0,002 сек.	0,0015 сек. (улучшение на 25 %)
Уязвимостей обнаружено	10	0,5 (снижение на 95 %)
Валидация входных данных		
Время выполнения	0,004 сек.	0,003 сек. (улучшение на 25 %)
Уязвимостей обнаружено	10	1,5 (снижение на 85 %)
HTTP Only куки		
Время выполнения	0,003 сек.	0,002 сек. (улучшение на 33 %)
Уязвимостей обнаружено	10	2 (снижение на 80 %)
Специализированные библиотеки и фреймворки (Laravel)		
Время выполнения	0,003 сек.	0,0025 сек. (улучшение на 17 %)
Уязвимостей обнаружено	10	0,5 (снижение на 95 %)

Результаты сравнительного анализа показывают, что различные методы предотвращения XSS эффективно снижают количество уязвимостей в веб-приложениях на PHP. Наиболее эффективными методами оказались использование CSP и спец. библиотек и фреймворков, которые обеспечили максимальное снижение уязвимостей при минимальной нагрузке на сервер и времени выполнения. Экранирование данных и валидация входных данных также показали хорошие результаты, но требуют более внимательного подхода к реализации.

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому комбинированное использование нескольких методов может обеспечить наилучшую защиту от XSS-атак.

2. Оценка влияния на производительность методов предотвращения XSS

Цель данного исследования – оценить влияние различных методов предотвращения XSS на производительность веб-приложения. В рамках эксперимента измерялись скорость обработки запросов и общее время отклика до и после применения каждого метода.

Методы предотвращения XSS:

1. Экранирование данных (htmlspecialchars).
2. Использование Content Security Policy (CSP).
3. Валидация входных данных (filter_input, filter_var).
4. HTTP Only куки.
5. Специализированные библиотеки и фреймворки (Laravel).

Параметры оценки производительности:

1. Среднее время обработки запроса – время, нужное серверу на обработку запроса.

2. Общее время отклика – время для выполнения запроса от клиента до получения ответа.

3. Нагрузка на сервер – процент использования CPU и памяти во время тестов.

Экспериментальные условия:

– сервер: Apache/2.4.41 (Ubuntu);

– PHP: 7.4.3;

– инструменты для тестирования нагрузки: Apache Benchmark (ab).

Результаты замеров производительности указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты замеров производительности

	До	После	Изменение
Экранирование данных			
Среднее время обработки запроса	0,003 сек	0,004 сек.	+33 %
Общее время отклика	0,010 сек.	0,012 сек.	+20 %
Нагрузка на сервер	10 % CPU, 50 MB RAM	12 % CPU, 55 MB RAM	+2 % CPU, +5 MB RAM
Использование CSP			
Среднее время обработки запроса	0,003 сек.	0.0035 сек.	+17 %
Общее время отклика	0,010 сек.	0.011 сек.	+10 %
Нагрузка на сервер	10 % CPU, 50 MB RAM	11 % CPU, 52 MB RAM	+1 % CPU, +2 MB RAM
Валидация входных данных			
Среднее время обработки запроса	0,003 сек.	0,0038 сек.	+27%
Общее время отклика	0,010 сек.	0,0115 сек.	+15%
Нагрузка на сервер	10 % CPU, 50 MB RAM	11 % CPU, 53 MB RAM	+1 % CPU, +3 MB RAM
HTTP Only куки			
Среднее время обработки запроса	0,003 сек.	0,0033 сек.	+10%
Общее время отклика	0,010 сек.	0,0105 сек.	+5%
Нагрузка на сервер	10 % CPU, 50 MB RAM	10,5 % CPU, 51 MB RAM	+0,5 % CPU, +1 MB RAM
Специализированные библиотеки и фреймворки (Laravel)			
Среднее время обработки запроса	0,003 сек.	0,0036 сек.	+20%
Общее время отклика	0,010 сек.	0,0112 сек.	+12%
Нагрузка на сервер	10 % CPU, 50 MB RAM	11 % CPU, 54 MB RAM	+1 % CPU, +4 MB RAM

Результаты исследования показывают, что каждый метод предотвращения XSS оказывает влияние на производительность веб-приложения, увеличивая время обработки запросов и нагрузку на сервер. Однако, это увеличение незначительное и оправдано с точки зрения безопасности приложения.

Наиболее эффективным методом оказался CSP, так как он дал минимальное увеличение времени обработки запросов и общего времени.

Анализ показал, что методы предотвращения XSS, такие как экранирование данных, использование CSP, валидация входных данных, HTTP Only куки и специализированные библиотеки и фреймворки, значительно улучшают безопасность веб-приложений на PHP. Предпочтительнее методы, которые легко внедряются и имеют хорошую документацию, такие как экранирование данных и использование встроенных функций в фреймворках. CSP и валидация

входных данных также получили положительные отзывы, но требуют более тщательной настройки и проверки. Внедрение этих методов помогло снизить количество уязвимостей и улучшить общий опыт разработки и использования приложений.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные методы предотвращения уязвимости XSS на языке программирования PHP в веб-приложениях. Изучение и применение этих методов имеет важное значение для обеспечения безопасности веб-приложений и защиты от потенциальных атак злоумышленников. Экранирование выводимых данных, использование CSP, валидация входных данных, использование HTTP Only cookie, обучение разработчиков и регулярный аудит кода, а также использование специализированных библиотек и фреймворков, а также регулярное обновление библиотек и языка программирования – это ключевые методы, которые помогают снизить риск возникновения XSS-атак. Использование сочетания этих методов позволяет создать комплексную стратегию безопасности, которая обеспечивает надежную защиту от уязвимости XSS. Однако, следует отметить, что безопасность — это процесс непрерывного улучшения, и разработчики должны оставаться внимательными и внедрять новые методы защиты, чтобы адаптироваться к изменяющейся среде. Дальнейшие исследования в области методов предотвращения уязвимости XSS могут сосредоточиться на разработке новых технологий и инструментов, а также на исследовании эффективности существующих методов в реальных сценариях использования. Это поможет улучшить понимание проблемы и разработать более эффективные стратегии защиты веб-приложений от атак XSS.

Список цитированных источников

1. Лесько, С. А. Модели и методы защиты веб-ресурсов: систематический обзор / С. А. Лесько // *Cloud of science*. – 2020. – Т. 7. – №. 3. – С. 577–610.
2. Мухин, Д. А. Разработка и обеспечение безопасного функционирования web-приложения / Д. А. Мухин, В. А. Семёнова-Тян-Шанская // *Современные технологии в теории и практике программирования*. – 2020. – С. 118–119.
3. Романенко, Д. М. Программирование на языке PHP / Д. М. Романенко, С. А. Осоко. – 2021. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/40612> (дата обращения: 14.11.2024).
4. Лесько, С. А. Модели и сценарии реализации угроз для интернет-ресурсов / С. А. Лесько // *Russian Technological Journal*. – 2020. – Т. 8. – №. 6. – С. 9–33.
5. Михайличенко, Р. М. Разработка метода защиты от XSS атак / Р. М. Михайличенко // *Теория и практика современной науки*. – 2021. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46199343> (дата обращения 14.11.2024).
6. Крылов, И. Д. Эффективные способы обнаружения и предотвращения XSS-уязвимостей сайтов / И. Д. Крылов // *StudNet*. – 2021. – Т. 4. – №. 2.
7. Хомярчук, М. В. Современные тенденции и инновации в обеспечении веб-безопасности: вызовы, решения и перспективы / М. В. Хомярчук // *Наука и современное образование: актуальные вопросы*. – 2023. – URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/11/МК-1859.pdf#page=28> (дата обращения 14.11.2024).
8. Баталов, А. С. Релиз PHP 8: возможность обновления библиотечных веб-сайтов / А. С. Релизов // *Научные и технические библиотеки*. – 2021. – №. 10. – С. 81–90.
9. Tatroe, K. *Programming PHP: Creating dynamic web pages* / K. Tatroe, P. MacIntyre. – O'Reilly Media, 2020.
10. Muqorobin, M. Comparison of PHP programming language with codeigniter framework in project CRUD / M. Muqorobin, N. A. R. Rais // *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*. – 2022. – V. 3. – №. 3. – С. 94–98.

11. Anagandula, K. An analysis of effectiveness of black-box web application scanners in detection of stored SQL injection and stored XSS vulnerabilities / K. Anagandula, P. Zavarsky : 2020 3rd International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS). – IEEE, 2020. – P. 40–48.
12. Rodríguez, G. E. Cross-site scripting (XSS) attacks and mitigation: A survey / Rodríguez G. E. [et al.] // *Computer Networks*. – 2020. – V. 166. – P. 106–960.
13. Yenduri, R. PHP: vulnerabilities and solutions / R. Yenduri, M. Al-khassaweneh : 2022 2nd International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC). – IEEE, 2022. – P. 391–396.
14. Cui, Y. A survey on xss attack detection and prevention in web applications / Y. Cui, J. Cui, J. Hu : *Proceedings of the 2020 12th International Conference on Machine Learning and Computing*. – 2020. – P. 443–449.
15. Yin, Z. Security Analysis of Web Open-Source Projects Based on Java and PHP / Z. Yin, S.U.J. Lee // *Electronics* – 2023 – V. 12 – № 12. – P. 2618.
16. Alsaffar, M. Detection of Web Cross-Site Scripting (XSS) Attacks / M. Alsaffar [et al.] // *Electronics*. – 2022. – V. 11. – № 14. – С. 2212.
17. Марков, Н. А. Межсайтовый скиптинг XSS и методы защиты / Н. А. Марков // *Инновации. Наука. Образование*. – 2021. – №. 33. – С. 1592–1598.
18. Еремин, М. В. Проблема уязвимостей XSS в веб-разработке / М. В. Еремин // *Тенденции развития науки и образования*. – ИП Иванов В. В. – С. 61–64. DOI: code.ru/doi/10.18702/2022-13.pdf
19. Белянова, И. А. Тестирование на проникновение веб-приложений / И. А. Белянова, Е. Д. Пойманова // *Информационные технологии в образовании*. – 2021. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45421521> (дата обращения: 17.10.2024).
20. Шутько, Н. А. Теоретические понятия защиты web-приложений от уязвимостей / Н. А. Шутько // *Вестник науки*. – 2022. – Т. 4. – №. 11 (56). – С. 253–269.

References

1. Lesko S. A. Models and methods for protecting web resources: a systematic review // *Cloud of science*. – 2020. – Т. 7. – №. 3. – С. 577-610. <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-i-metody-zaschity-veb-resursov-sistematicheskii-obzor/viewer>
2. Mukhin D. A., Semyonova-Tyan-Shanskaya V. A. Development and assurance of safe functioning of web-application // *Modern Technologies in Theory and Practice of Programming*. – 2020. – С. 118-119. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42830206>
3. Romanenko D. M., Osoko S. A. Programming in PHP. – 2021. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/40612>
4. Lesko S. A. Models and scenarios of threat realization for Internet resources // *Russian Technological Journal*. – 2020. – Т. 8. – №. 6. – С. 9-33. <https://www.rtfj-mirea.ru/jour/article/view/255>
5. Mikhaylichenko R. M. DEvelopment of the method of protection against xss attacks // *theory and practice of modern science*. – 2021. – С. 66-69. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46199343>
6. Krylov I. D. Effective ways of detecting and preventing XSS-vulnerabilities of sites // *Stud-Net*. – 2021. – Т. 4. – №. 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnye-sposoby-obnaruzheniya-i-predotvrascheniya-xss-uyazvimostey-saytov/viewer>
7. Khomyarchuk M. V. Modern tendencies and innovations in web security: calls, solutions and perspectives // *science and modern education: actual issues*. – 2023. – С. 28. <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/11/MK-1859.pdf#page=28>
8. Batalov A. S. PHP 8 release: the possibility of updating library websites // *Scientific and Technical Libraries*. – 2021. – №. 10. – С. 81-90. <https://ntb.gpntb.ru/jour/article/view/851>
9. Tatroe K., MacIntyre P. Programming PHP: Creating dynamic web pages. – O'Reilly Media, 2020.
10. Muqorobin M., Rais N. A. R. Comparison of PHP programming language with codeigniter framework in project CRUD // *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*. – 2022. – Т. 3. – №. 3. – С. 94-98. <https://ijcis.net/index.php/ijcis/article/view/77>
11. Anagandula K., Zavarsky P. An analysis of effectiveness of black-box web application scanners in detection of stored SQL injection and stored XSS vulnerabilities // *2020 3rd International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS)*. – IEEE, 2020. – С. 40-48. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9323011>

12. Rodríguez G. E. et al. Cross-site scripting (XSS) attacks and mitigation: A survey // Computer Networks. – 2020. – Т. 166. – С. 106960. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128619311247>
13. Yenduri R., Al-khassaweneh M. PHP: vulnerabilities and solutions // 2022 2nd International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC). – IEEE, 2022. – С. 391-396. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9781790>
14. Cui Y., Cui J., Hu J. A survey on xss attack detection and prevention in web applications // Proceedings of the 2020 12th International Conference on Machine Learning and Computing. – 2020. – С. 443-449. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3383972.3384027>
15. Yin Z., Lee S. U. J. Security Analysis of Web Open-Source Projects Based on Java and PHP // Electronics. – 2023. – Т. 12. – №. 12. – С. 2618. <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/12/2618>
16. Alsaffar M. et al. Detection of Web Cross-Site Scripting (XSS) Attacks // Electronics. – 2022. – Т. 11. – №. 14. – С. 2212. <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/14/2212>
17. Markov N. A. CROSS-SITE SCRIPTING XSS AND PROTECTION METHODS // Innovations. Science. Education. - 2021. - No. 33. - P. 1592-1598. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46168827>
18. Eremin M. V. The Problem of XSS Vulnerabilities in Web Development // Trends in the development of science and education Founders: IP Ivanov Vladislav Vyacheslavovich. - P. 61-64. <https://doicode.ru/doifile/lj/87/trnio-07-2022-13.pdf>
19. Belyanova I. A., Poimanova E. D. Web application penetration testing // Information technologies in education. - 2021. - P. 44-47. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45421521>
20. Shutko N. A. Theoretical concepts of web application protection from vulnerabilities // Bulletin of Science. - 2022. - Vol. 4. - No. 11 (56). - P. 253-269. <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-ponyatiya-zaschity-web-prilozheniy-ot-uyazvimostey>

УДК 628.4.02

К ВОПРОСУ ДЕТАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

В. Н. Коваленко, м. т. н., аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брестский государственный технический университет, руководитель отдела разработки ООО «ПроГИС», Гомель, Беларусь, e-mail: kovalbyu@gmail.com

А. И. Трипутько, директор ООО «ПроГИС», Минск, Беларусь, e-mail: passmat.by@gmail.com

А. Д. Гуринович, д. т. н., профессор, Белостокский технический университет, Белосток, Польша, e-mail: gurinowitsch@tut.by

Реферат

Статья посвящена определению оптимальной степени детализации цифровых двойников систем жизнеобеспечения (водоснабжения, канализации и теплоснабжения) для промышленных предприятий и организаций жилищно-коммунального хозяйства. В статье анализируются различные подходы к разработке электронных моделей: от максимально детализированных, включающих все элементы системы, до укрупнённых, фокусирующихся на магистральных сетях и обобщённых потребителях. С использованием методов анализа «затрат и выгод», «чувствительности» и «А/В-тестирования» авторы определяют «точку эффективности», при которой достигается баланс между затратами на разработку и поддержку электронной модели и её актуальностью, информативностью и экономической отдачей. На примере условного населённого пункта

Энск показано, как оптимизация уровня детализации цифрового двойника системы теплоснабжения может повысить эффективность управления системами, снизить эксплуатационные расходы и улучшить качество услуг.

Ключевые слова: электронная модель, цифровой двойник, цифровизация, системы жизнеобеспечения, анализ, рентабельность.

ON THE ISSUE OF THE DETAILING OF DIGITAL TWINS OF LIFE SUPPORT SYSTEMS

V. N. Kovalenko, A. I. Triputko, A. D. Gurinovich

Abstract

The article is devoted to determining the optimal level of detail in digital twins of life support systems (water supply, sewage, and heating) for industrial enterprises and housing and communal services companies. It analyzes various approaches to developing electronic models: from highly detailed ones that include all elements of the system to aggregated models focusing on main networks and generalized consumers. Using methods of cost-benefit analysis, sensitivity analysis, and A/B testing, the authors find the «point of efficiency», at which a balance is established between the costs of developing and maintaining the electronic model and its relevance, informativeness, and economic return. Using the example of the hypothetical town of Ensk, it is demonstrated how optimizing the level of detail in a digital twin of the heating system can lead to increased efficiency in system management, reduced operational costs, and improved quality of services.

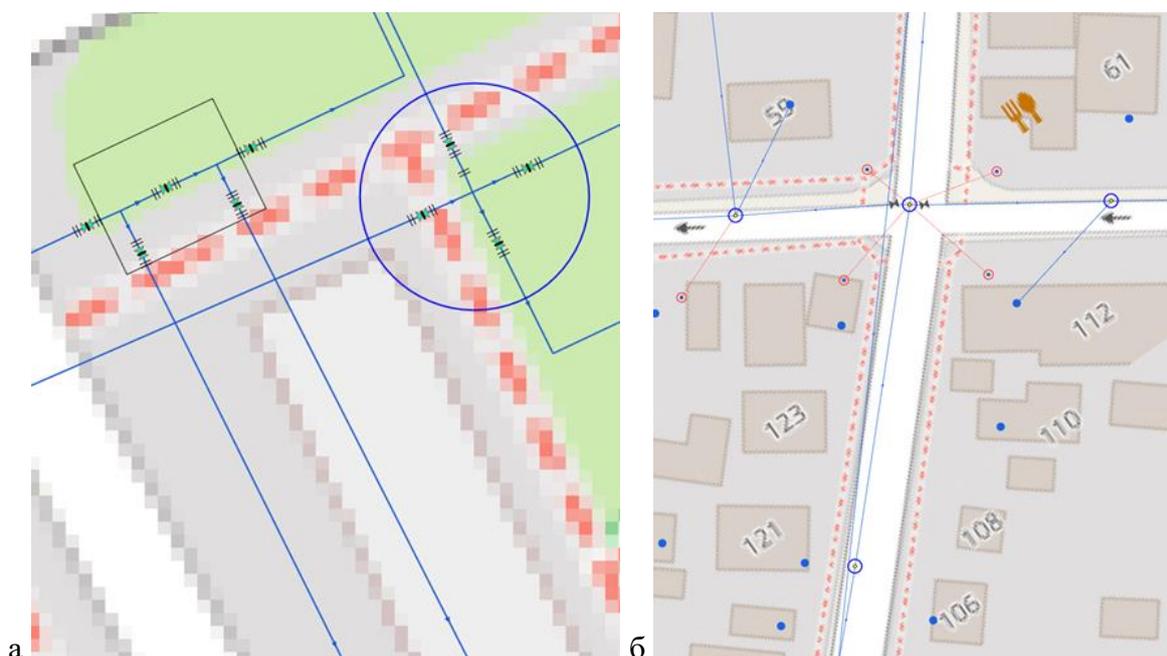
Keywords: electronic model, digital twin, digitalization, life-support systems, analysis, profitability.

Введение

В настоящее время по всему миру стремительно внедряются цифровые двойники инженерных систем водоснабжения, канализации и теплоснабжения (далее – систем жизнеобеспечения) в производственную деятельность предприятий жилищно-коммунального хозяйства. Внедрение цифровых двойников соответствует общему тренду цифровизации, которому следуют современные предприятия, стремящиеся повысить свою эффективность и оптимизировать процессы управления инженерной инфраструктурой. Цифровой двойник систем жизнеобеспечения представляет собой высокоточную электронную (компьютерную) модель физической системы, которая отражает её текущее технико-гидравлическое состояние, динамические процессы в режиме «online». Эта модель интегрирует данные с различных первичных преобразователей и информационных систем (АСУ, SCADA, 1С, SAP и т. д.), что позволяет проводить прогнозирование и анализ режимов работы, моделировать различные сценарии, оптимизировать её функционирование и повышать энергоэффективность [1–3].

Подходы к разработке цифровых двойников на практике сильно различаются. Некоторые предприятия (или подрядчики) стремятся к максимальной детализации моделей, воспроизводя практически все элементы системы с высокой точностью, включая фланцы, косые фильтры, манометры и другие компоненты,

аналогично схемам, выполненным в системах автоматизированного проектирования и черчения (см. рисунок 1А). Другие предпочитают создавать укрупнённые модели, обобщая потребителей и фокусируясь исключительно на магистральных сетях, что упрощает процесс разработки и снижает затраты (см. рисунок 1Б). Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор подхода зависит от целей разработки, доступных ресурсов и требуемого уровня точности. Оба указанных варианта разработки моделей представляют собой крайности, что обуславливает необходимость поиска оптимального баланса – «точка эффективности». С одной стороны, чрезмерная детализация влечёт значительные затраты на разработку и поддержку модели в актуальном состоянии, с другой – чрезмерное упрощение ограничивает полезность модели и ее применение для более сложных задач.



а) максимальная; б) минимальная

Рисунок 1 – Уровень детализации графических элементов электронных моделей

Таким образом, в условиях стремительной повсеместной цифровизации возникает необходимость определения «точки эффективности» — той степени детализации модели, при которой ее разработка и последующая поддержка обеспечивают оптимальное соотношение между информативностью и экономической выгодой. Определение этой точки позволяет предприятиям принимать обоснованные решения по цифровизации, обосновывать необходимость внедрения цифровых решений и оценивать сроки их окупаемости, снижая издержки и повышая эффективность инвестиций.

1 Методология исследования

В целях исключения из оценки временных и экономических издержек предусматривается, что для разработки электронных моделей систем жизнеобеспечения привлекается подрядная организация, поскольку компании, выполняющие подобного направления работы, обладают многолетним опытом по их разработке и специализированной экспертизой, исключая вероятность возникновения ошибок на всех этапах создания модели. Привлечение

подрядчиков к разработке электронных моделей также способствует сокращению сроков выполнения работ и улучшению качества модели за счет применения лучших практик и технологий.

Для достижения цели исследования и определения оптимальной степени детализации электронных моделей систем жизнеобеспечения использованы следующие методы анализа:

- 1) «затрат и выгод»;
- 2) «чувствительности»;
- 3) «A|B-тест».

Анализ «затрат и выгод» предполагает оценку совокупных расходов на разработку, внедрение и поддержку электронных моделей, и их соотнесение с потенциальными производственными и экономическими выгодами. Данный подход позволил установить, насколько оправданы затраты на детализацию модели относительно ее пользы для предприятия.

Перед анализом «затрат и выгод» в обязательном порядке был осуществлен технический аудит, в результате которого установлены:

- объем имеющейся информации и документации;
- существующая проблематика систем;
- количество и квалификация кадров;
- применяемые информационные системы и технологии при производстве и в бизнес-процессах;
- ожидания и требования линейных и функциональных руководителей структурных подразделений предприятия.

На основе проведенного анализа разработана дорожная карта (программа внедрения мероприятий по цифровизации), которая станет базой для дальнейших этапов внедрения технических решений. Также сделан упор на решение установленных проблемных аспектов.

С учетом всех особенностей предприятия проведен анализ «чувствительности». Подрядчик совместно с предприятием определили перечень обязательных элементов электронных моделей, параметров, которые должны быть собраны в ходе натурного и инструментального обследований и могут быть собраны и внесены сотрудниками предприятия самостоятельно (см. рисунок 2). Данные параметры в обязательном порядке отражают техническое и технологическое состояния элементов систем, а также используются для проведения гидравлических и теплотехнических расчетов. Также сформирован перечень необязательных параметров, которые могут быть собраны в будущем, без участия подрядчика, при условии достаточного уровня квалификации сотрудников или приобретения необходимого оборудования.

Анализ «чувствительности» позволил вычислить коэффициент оборачиваемости данных и оценить, как изменения в уровне детализации модели влияют на ее актуальность, информативность и экономическую эффективность. Анализ «чувствительности» позволил выявить элементы и параметры, которые окажут наибольшее и наименьшее влияние на экономическую выгоду от ее использования, и определил пороговые характеристики, при которых разработка и поддержка модели остаются экономически выгодными.

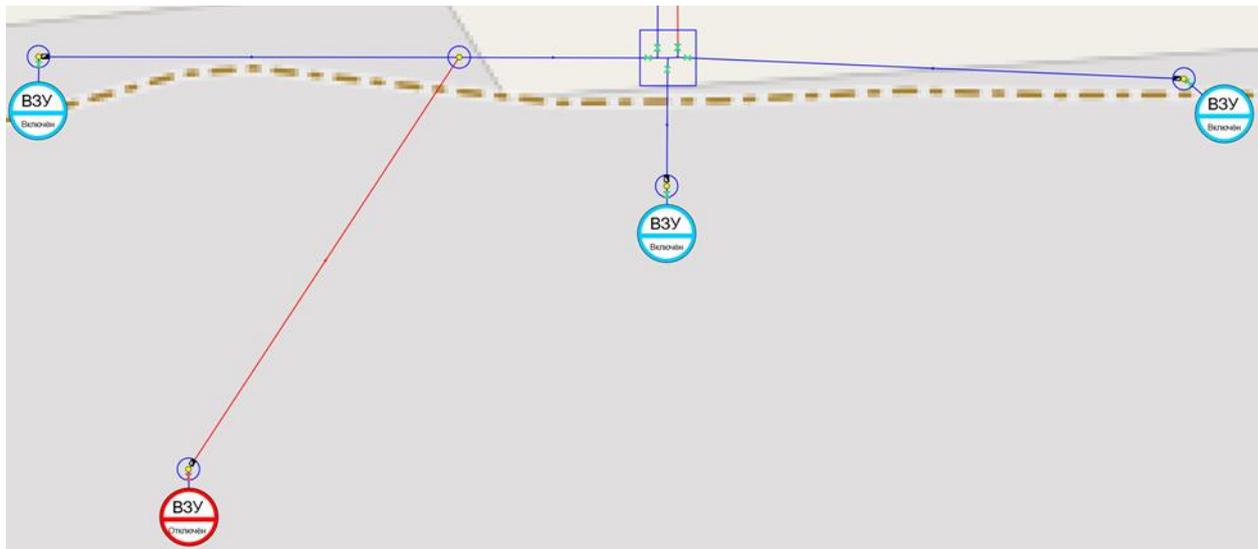


Рисунок 2 – Оптимальный уровень детализации графических схем электронных моделей

В процессе натурного и инструментального обследований подрядчик выполнял сбор данных в соответствии с заранее составленным перечнем, уточняя имеющуюся информацию и собирая новые данные о состоянии элементов обследуемых систем.

Через год после внедрения цифровых двойников проводился «А|В-тест» анализ, целью которого было определение параметров моделей, которые фактически собирались и актуализировались сотрудниками предприятия, а какие не были собраны либо их сбор был ограничен. Результаты этого анализа позволили оптимизировать перечень собираемых атрибутивных данных, сократив трудозатраты сотрудников и улучшив эффективность процесса сбора информации для актуализации электронных моделей.

Дополнительно, в рамках «А|В-тест» анализа, осуществлялось сравнение ресурсопотребления предприятиями (потерь воды, электрической энергии, расходов топлива, машино-часов и человеко-часов) на производство и оказание услуг до и после внедрения цифровых двойников за аналогичные периоды.

В перспективном периоде перечень собираемых и актуализируемых данных должен поддерживаться и дополняться по мере приобретения новых навыков и расширения приборного парка с целью накопления и развития цифровых двойников систем жизнеобеспечения.

2 Показательная оценка необходимого уровня детализации электронной модели цифрового двойника на примере системы теплоснабжения Энска

Для демонстрации методологии и определения оптимальной «точки эффективности» электронных моделей систем жизнеобеспечения был выполнен показательный расчет на условном объекте, основанном на данных реального предприятия в городе Энгс. Внедрение цифрового двойника осуществляется впервые.

В качестве исходных данных, с соблюдением норм конфиденциальности экономической информации, для исследования принят условный населенный пункт Энгс, базирующийся на данных о ранее внедренных и реализованных проектах на промышленных предприятиях и предприятиях ЖКХ.

По результатам обследования установлено, что имеющихся данных достаточно для разработки эскизной электронной модели (модели, формируемой на

основе имеющихся графических материалов и документации), проведения паспортизации и инвентаризации. Однако в обязательном порядке требуется проведение натурно-визуального и локального инструментального обследования для уточнения параметров и актуализации информации о состоянии систем. Средний возраст сотрудников предприятия составляет около 45 лет, и большинство из них уверенно владеют компьютером. Это обстоятельство позволяет рассчитывать на их способность эффективно работать с цифровым двойником и осваивать новые технологии. Однако, несмотря на высокий уровень компьютерной грамотности персонала, возникает необходимость отображать основные элементы системы без излишней детализации.

Такой подход обусловлен несколькими факторами. Во-первых, чрезмерная детализация модели может значительно увеличить затраты на ее разработку и последующую поддержку в актуальном состоянии. Во-вторых, для решения основных задач предприятия, таких как мониторинг состояния систем, планирование ремонтов и оптимизация эксплуатационных процессов, достаточным является отображение ключевых элементов без глубокой детализации.

С учетом наличия квалифицированного персонала, оптимальным решением является создание электронной модели среднего уровня детализации. При таком подходе, например, совместно проложенные подающие и обратные трубопроводы обозначаются одной линией, а при изменении их траектории они отображаются отдельно. Это позволяет упростить модель без потери ключевой информации о системе (см. рисунок 3).

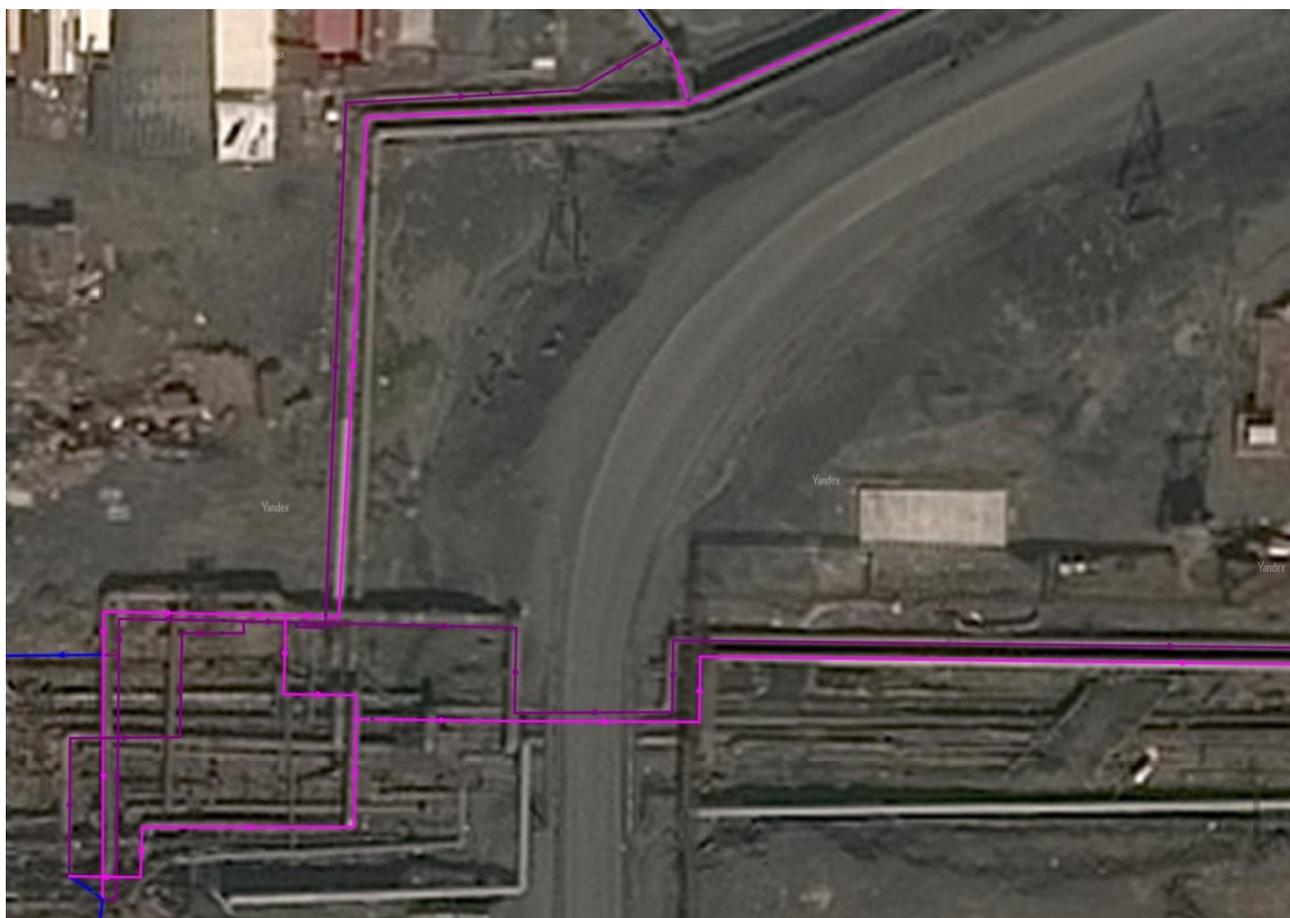


Рисунок 3 – Уровень детализации графической схемы системы теплоснабжения Энска

Такой уровень детализации обеспечивает баланс между информативностью модели и затратами на ее разработку и поддержку. Он делает модель более доступной для восприятия и анализа, сокращает время на ее обновление и снижает требования к объему данных, необходимых для актуализации. Кроме того, средний уровень детализации облегчает обучение персонала и интеграцию модели в повседневную работу предприятия. При этом сохраняется возможность проведения необходимых гидравлических и теплотехнических расчетов, моделирования различных режимов работы системы и оптимизации эксплуатационных процессов.

В таблице ниже представлены в укрупненном виде основные статьи расходов и доходов, связанные с разработкой и поддержкой электронной модели системы теплоснабжения в актуальном состоянии в течение трех лет с момента внедрения в производственный процесс.

Таблица – Основные статьи расходов и доходов по разработке и поддержке электронной модели системы теплоснабжения

№ п/п	Наименование статьи расходов / доходов	Мера измерения	Стоимость работ, у.е.
1. Камеральная разработка эскизной электронной модели			
1.1	Технический аудит	Предприятие	–400
1.2	Разработка графовой электронной модели по имеющейся документации	100 км тепловых сетей (двухтрубное исчисление)	–940
1.3	Паспортизация		–800
1.4	Инвентаризация 70% сетей (по данным бухгалтерии)		–2 200
1.5	Эскизная электронная модель системы водоснабжения		–1 130
1.6	Разработка дополнительного информационно-справочного слоя (комплект из 10-ти слоев)	Населенный пункт /предприятие	–500
1.7	Организация инфраструктуры под цифровой двойник (закупка программного обеспечения)	Предприятие	–110 000
<i>Всего расходов по первому этапу</i>			<i>–116 970</i>
2. Натурное обследование и разработка промежуточной электронной модели			
2.1	Натурное обследование элементов системы теплоснабжения	100 км тепловых сетей (двухтрубное исчисление)	–25 000
2.2	Инвентаризация 70% сетей (по месту нахождения объектов систем)		–3 600
2.3	Промежуточная электронная модель системы теплоснабжения		–35 000
2.4	Уточнение дополнительного информационно-справочного слоя (комплект из 3-х слоев)	Населенный пункт /предприятие	–450
2.5	Обучение по работе с программным обеспечением и обследованиям (визуальному и инструментальному)	Группа	–1 300
2.6	Разработка облачной платформы для отдела сбыта	Предприятие	–20 000
<i>Всего расходов по второму этапу</i>			<i>–85 350</i>
3. Инструментальное обследование и разработка рабочей электронной модели			
3.1	Инструментальное обследование элементов системы теплоснабжения	100 км тепловых сетей (двухтрубное исчисление)	–45 000
3.2	Первичная калибровка рабочей электронной модели системы теплоснабжения		–60 000
3.3	Подключение к иным информационным системам	Предприятие	–10 200
3.3	Дополнительные программные модули и иные услуги	Предприятие	–10 000
<i>Всего расходов по третьему этапу</i>			<i>–116 200</i>
<i>Итого по расходам на этапы разработки цифрового двойника системы теплоснабжения</i>			<i>–318 520</i>

№ п/п	Наименование статьи расходов / доходов	Мера измерения	Стоимость работ, у.е.
4. Группа информационно-графических систем и производственная деятельность			
4.1	Расходы на группу (3 человека): - заработная плата и налоги; - закупка оборудование; - прочие расходы	Группа	-270 000 -10 000 -8 000
4.2	Снижение потребления электрической энергии в системе водоснабжения	Насосные станции, ЦТП и ИТП	+61 293
4.3	Снижение расходов за счет: - снижения тепловых потерь - ликвидации незаконных подключений - проведения своевременного технического обслуживания и ремонта, в том числе минимизация естественной убыли	100 км тепловых сетей (двухтрубное исчисление)	+522 720
4.4	Организация учета по неплательщикам жилищно-коммунальных услуг	Система водоснабжения	+7 000
4.5	Уменьшение пробега транспортных средств и расхода топлива	Предприятие	+7 500
4.6	Оказание непрофильных услуг	Предприятие	+12 000
4.7	Прочее	Предприятие	+1 720
<i>Всего расходов за расчетный период</i>			-596 520
<i>Всего доходов за расчетный период</i>			+603 233
<i>Финансовый результат (прибыль/убыль) за период</i>			+6 713

Примечание – 1–3 этапы включают наиболее востребованные позиции при разработке и внедрении цифровых двойников систем теплоснабжения. Данные в таблице являются укрупненными.

Если бы модель была более детализирована, это привело бы к существенному увеличению трудоемкости работ по ее разработке и поддержке. Такой подход потребовал бы дополнительных ресурсов, как человеческих, так и финансовых, что отразилось бы на увеличении затрат по статьям расходов, представленным в таблице. Увеличение затрат могло бы сделать проект экономически нецелесообразным, так как сроки окупаемости значительно возросли бы, а потенциальная экономическая выгода от использования модели могла бы не компенсировать вложенные средства.

С другой стороны, при создании укрупненной модели возникает недостаток информации, необходимой для полноценного анализа и принятия управленческих решений. Отсутствие детализированных данных об отдельных элементах системы затрудняет проведение точных гидравлических и теплотехнических расчетов, моделирование различных сценариев работы системы и выявление потенциальных проблемных зон. В свою очередь, это может привести к упущенным возможностям по оптимизации работы системы теплоснабжения, снижению эксплуатационных расходов и повышению качества услуг, что отражается на недополучении потенциальных доходов, указанных в таблице. Однако укрупненная модель в перспективе может быть доработана до среднего и максимального уровней.

Таким образом, выбор среднего уровня детализации модели позволяет достичь оптимального соотношения между затратами на ее разработку и актуализацию, сложностью верификации и получаемой экономической выгодой.

Заключение

В исследовании рассмотрен процесс разработки и внедрения цифровых двойников систем жизнеобеспечения. Основное внимание уделено определению достаточного уровня детализации электронных моделей, который, с одной стороны,

обеспечивает баланс между затратами на ее разработку и поддержку в актуальном виде, с противоположной стороны – экономической выгодой от ее внедрения.

Проведенный анализ показал, что для достижения оптимальной экономической эффективности важно найти компромисс между детализированностью модели, компетенциями кадров предприятия, ресурсными возможностями и затратами на ее разработку и поддержку в актуальном состоянии. Слишком детализированные модели требуют значительных ресурсов на поддержание в актуальном виде и высокого уровня компетенций для сбора и обработки данных, в то время как недостаточная детализация ограничивает их функциональность и снижает эффективность использования. Определение достаточного уровня детализации позволяет создать цифровой двойник, который обеспечивает необходимые данные для принятия обоснованных управленческих решений, регистрации изменений в элементах систем (например, ремонтов, отборов проб и т. д.), моделирования различных режимов работы, оптимизирует эксплуатационные процессы и снижает затраты на содержание и поддержку систем.

Кроме того, анализ затрат и выгод и проведенный «А|В-тест» анализ показали, что цифровые двойники могут существенно улучшить управление системой водоснабжения. Использование цифровых моделей позволяет сократить потери воды, снизить эксплуатационные расходы и повысить общую надежность системы. Привлечение подрядных организаций и использование современных технологий для разработки цифровых двойников обеспечивают высокое качество модели, быстроту исполнения и ее соответствие реальным объектам.

В целом исследование показало, что грамотный подход и разумное применение цифровых двойников, на примере системы теплоснабжения, способно привести к значительным экономическим и эксплуатационным преимуществам. В дальнейшем важно продолжить совершенствование методологии разработки цифровых моделей систем жизнеобеспечения и углублять анализ экономической эффективности их применения, чтобы еще более эффективно использовать возможности цифровизации в промышленных предприятиях и предприятий ЖКХ.

Список цитированных источников

1. Коваленко, В. Н. Социальная и практическая значимость внедрения компьютерных моделей систем водоснабжения и канализации / Коваленко, В. Н // Водоснабжение, химия и прикладная экология : Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22 марта 2022 г. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-тет трансп. ; редкол.: Е. Ф. Кудина, А. Б. Невзорова, О. Н. Горелая. – Гомель : БелГУТ, 2022. – с. 83–85.

2. Баженов, В. И. Какие стандартные современные комплексы, моделирующие работу систем водоснабжения и водоотведения, применяются? / В. И. Баженов, Г. А. Самбурский // Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения". – 2014. – № 1. – С. 44–50.

3. Серая, Е. С. Интеллектуальная городская среда. Интеграция ГИС и BIM. / Е. С. Серая, С. Г. Шеина, К. С. Петров, Р. Б. Матвейко // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1.

Reference

1. V. N. Kovalenko, Social'naja i prakticheskaja znachimost' vnedrenija komp'juternyh modelej sistem vodosnabzhenija i kanalizacii // Vodosnabzhenie, himija i priklad'naja jekologija: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Gomel', 22 marta 2022 g.) / M-vo transp. I kommunikacij Resp. Belarus', Belarus. Gos. un-t transp.; redkol.: E.F. Kudina, A.B. Nevzorova, O.N. Gorelaja. – Gomel' : BelGUT, 2022. – s. 83–85.

2. Bazhenov V.I., Samburskij G.A. Kakie standartnye sovremennye komplekсы, modelirujushhie rabotu sistem vodosnabzhenija i vodootvedenija, primenjajutsja? // Zhurnal "Nailuchshie Dostupnye Tehnologii vodosnabzhenija i vodootvedenija". 2014, №1. s. 44-50.

3. Seraja E.S., Sheina S.G., Petrov K.S., Matvejko R.B. Intellektual'naja gorodskaja sreda. Integracija GIS i BIM. // Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №1. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_19_seraya_N.pdf_a8101b66f0.pdf

ЕСТЕСТВЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГИБКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СВЕТОФОРОВ

*А. А. Козинский, Доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь, e-mail: kaa1964@bk.ru*

*Д. С. Сухаревич, студент кафедры интеллектуальных информационных технологий «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь, e-mail: dmitrysukharevich@yandex.by*

Реферат

В работе представлены результаты сравнения двух моделей управления движением на перекрестках. Первая модель реализована на основе жесткого регулирования. Жесткое регулирование обозначает неизменный режим включения сигналов светофора. В основу второй модели положены адаптивные алгоритмы генетического и пчелиного методов. Обе модели имеют авторскую программную реализацию. Для сравнения эффективности движения на перекрестке с использованием указанных моделей выбраны следующие параметры: максимальная длина очереди, средняя длина очереди, среднее время пребывания в очереди. Приводится подробное описание этапов реализации метода поиска оптимальных решений. Входными данными для программной реализации приняты заявки на обслуживание, которые генерируются случайно с различной интенсивностью. Заявка имитирует пересечение перекрестка транспортным средством. На выходе программной реализации моделей получаем фазы зеленых сигналов светофора.

Результатами исследования являются разработанное программное обеспечение для адаптивного управления движением на перекрестке, а также данные, на основе которых проводилось сравнение моделей.

Ключевые слова: транспортный поток, дорожный транспорт, жесткое регулирование, моделирование управленем перекрестка, адаптивное управление, генетический алгоритм, алгоритм пчелиного роя.

NATURAL ALGORITHMS FOR IMPLEMENTING FLEXIBLE TRAFFIC LIGHT CONTROL

A. A. Kazinski, D.S. Sukharevich

Abstract

The paper presents the results of comparing two traffic control models at intersections. The first model is implemented on the basis of strict regulation. Strict regulation means the constant mode of switching on traffic lights. The second model is based on adaptive algorithms of genetic and bee methods. Both models have an author's software implementation. To compare the efficiency of traffic at the intersection with the use of these models, the following parameters were selected: the maximum queue length, the average queue length, and the average time spent in the queue. A detailed description of the stages of the implementation of the method of searching for optimal solutions is provided. The input data for the software implementation are service

requests, which are generated randomly with varying intensity. The application simulates the intersection crossing by a vehicle. At the output of the software implementation of the models, we get the phases of the green traffic light signals.

The results of the study are the developed software for adaptive traffic control at the intersection, as well as the data on the basis of which the models were compared.

Keywords: traffic flow, road transport, strict regulation, simulation of intersection management, adaptive management, genetic algorithm, swarm algorithm.

Введение

Увеличение автопарка, расширение городов, миграция населения в мегаполисы и рост объемов перевозок ведут к повышению интенсивности движения. В городах это часто вызывает транспортные проблемы, такие как потеря времени и образование пробок. Особенно остро эти проблемы проявляются на перекрестках, где увеличиваются задержки транспорта, образуются очереди и заторы, что снижает скорость передвижения, приводит к перерасходу топлива, и увеличивает износ транспортных средств.

С развитием компьютерных технологий стало возможным автоматизировать управление дорожным движением. В последнее время все большее распространение находят адаптивные методы управления [1–5].

1 Постановка задачи оптимизации движения на перекрестках

По статистике наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий происходит на перекрестках. Перекрестки также являются главным тормозом транспортного потока. Их количество на пути следования влияет на время, за которое люди добираются из пункта отправления в пункт назначения. Из-за постоянно растущей интенсивности транспортных потоков, ДТП и, следовательно, заторам, актуализируется задача программной реализации алгоритмов гибкого управления работы светофоров. Решение такой задачи позволит сократить простои транспорта на проезжей части и сделать дорогу безопаснее. Исходя из размеров транспортных потоков, алгоритм должен рассчитывать оптимальное время, необходимое для того, чтобы все автомобили пересекли перекресток [6–11].

2 Теоретическая часть

Генетический алгоритм — это метод перебора решений для тех задач, в которых невозможно найти решение с помощью математических формул. Однако простой перебор решений в сложной многомерной задаче — это бесконечно долго. Поэтому генетический алгоритм перебирает не все решения, а только лучшие. Алгоритм берет группу решений и ищет среди них наиболее подходящие. Затем немного изменяет их — получает новые решения, среди которых снова отбирает лучшие, а худшие отбрасывает. Таким образом, на каждом шаге работы алгоритм отбирает наиболее подходящие решения (проводит селекцию), считая, что они на каждом следующем шаге улучшают решение (рисунок 1).

Для пояснения работы алгоритма поведения роя пчел (или метода пчелиного роя) прибегнем к аналогии с реальным роем пчел. Представим себе рой пчел на поле. Их цель — найти на поле область с наивысшей плотностью цветов. Без какого-либо представления о поле априори, пчелы начинают поиск цветов со случайных позиций со случайными векторами скорости. Каждая пчела может помнить позиции, где она нашла наибольшее количество цветов и некоторым образом сохранять расположение областей с наибольшей плотностью цветов.

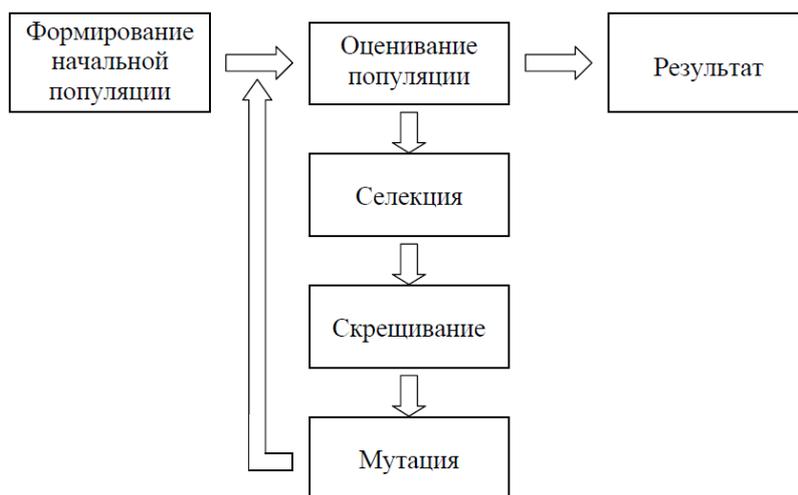


Рисунок 1 – Этапы генетического алгоритма

Выбирая между возвращением к наилучшим местам, обнаруженным самой пчелой и лучшим местом, определенным другими, пчела устремляется в направлении между двумя этими точками. Конечный выбор направления зависит от того, что окажет большее влияние на ее решение – персональное воспоминание или социальный рефлекс. По пути пчела может найти новое место с более высокой концентрацией цветов, чем те, которыми определялось первоначальное движение. В дальнейшем такое место может быть обозначено как новая цель с наибольшей концентрацией цветов. Отметим, что такое место – это наибольшее скопление цветов, найденное всем роем. Случайно пчела может пролететь мимо лучшей цели. Однако, весь остальной рой, в целом, будет к нему стремиться. Таким образом совершенствуются личные наблюдения каждой пчелы.

Таким образом, пчелы исследуют поле, перелетая места с наибольшей концентрацией, при этом замедляются в направлении таких локаций. Все места, с лучшими концентрациями цветов и посещенные пчелами в разное время, непрерывно сравниваются. Таким образом, возрастает вероятность обнаружения абсолютной наибольшей концентрации цветов. В конечном итоге, каждая отдельная пчела, как и весь рой сосредотачивается в окрестностях наилучшей позиции. Не имея возможности обнаружить места с большей концентрацией цветов, пчелы непрерывно роятся в районе наибольшей плотности цветов. Такое поведение пчел и было положено в основу этого метода оптимизации.

3 Основные принципы работы

Для решения задач с помощью генетического алгоритма (ГА), необходимо представить решение в виде вектора генов («генотипа»). Гены могут быть битами, числами или другими объектами. В классических ГА предполагается, что генотип имеет фиксированную длину, хотя существуют вариации ГА, где это ограничение отсутствует.

Создание начальной популяции происходит случайным образом. Значение приспособленности ассоциируется с каждым генотипом, что позволяет оценивать их эффективность.

При выборе функции приспособленности важно обеспечить ее «гладкость». Это значит, что небольшие изменения в генотипе должны приводить к небольшим изменениям в значении функции приспособленности, что способствует стабильному поиску оптимального решения.

Из текущего поколения решений выбираются те, которые имеют высокую приспособленность. Эти решения подвергаются воздействию генетических операторов, таких как скрещивание и мутация, что приводит к появлению новых генотипов. Эти новые генотипы также оцениваются, и отбираются лучшие решения для формирования следующего поколения. Такой процесс повторяется итеративно, пока не будет выполнен критерий остановки алгоритма.

ГА используются для поиска решений в многомерных пространствах поиска. Основные этапы генетического алгоритма включают в себя:

1. Определение целевой функции (приспособленности).
2. Создание начальной популяции.
3. Циклическое выполнение шагов:
 - скрещивание;
 - мутация;
 - оценка приспособленности всех особей;
 - селекция для формирования нового поколения;
 - проверка условий остановки.

В случае с алгоритмом пчелиного роя, особей для размножения выбирают из всей популяции N , а не только из наиболее приспособленных особей. Это помогает сохранить разнообразие генотипов и избежать застоя на локальных максимумах. Сначала из улья вылетают в случайно направлении какое-то количество пчел-разведчиков, которые пытаются отыскать участки, где есть нектар. Через какое-то время пчелы возвращаются в улей и особым образом сообщают остальным, где и сколько они нашли нектара.

После этого на найденные участки отправляются другие пчелы, причем, чем больше на данном участке предполагается найти нектара, тем больше пчел летит в этом направлении. А разведчики опять улетают искать другие участки, после чего процесс повторяется.

А теперь представьте, что расположение глобального экстремума – это участок, где больше всего нектара, причем этот участок единственный, то есть в других местах нектар есть, но меньше. А пчелы живут не на плоскости, где для определения месторасположения участков достаточно знать две координаты, а в многомерном пространстве, где каждая координата представляет собой один параметр функции, которую надо оптимизировать. Найденное количество нектара представляет собой значение целевой функции в этой точке (в случае, если мы ищем глобальный максимум или глобальный минимум, то целевую функцию достаточно умножить на -1). Далее будем считать, что мы ищем глобальный максимум функции.

На первом шаге алгоритма в точки, описываемые случайными координатами, отправляется некоторое количество пчел-разведчиков. В зависимости от значения целевой функции, которое определяется координатами пчелы, выделяются два вида перспективных участков на поверхности функции, вблизи которых возможно располагается глобальный максимум, а именно:

- выбирается n лучших участков, где значения целевой функции больше всех;
- выбирается m так называемых выбранных участков, где значения целевой функции поменьше, чем на лучших участках, но эти участки все-равно являются неплохими с точки зрения значения целевой функции.

После того как пчелы были отправлены на лучшие из выбранных участков, можно отправить тех же пчел-разведчиков на другие случайные точки.

После всех этих операций снова находятся n лучших и m выбранных участков, на этот раз среди всех пчел из роя, а не только среди разведчиков. При этом запоминается самое лучшее значение функции, больше которого пока не было найдено. Такое значение является промежуточным решением.

Алгоритм повторяется до тех пор, пока не сработает какой-либо из критериев останова.

4 Описание алгоритмов поиска оптимальных решений

ГА состоит из нескольких этапов:

Этап 1. Создание начальной популяции.

Каждый член популяции состоит из набора хромосом t_{zi} (см. рисунок 2).

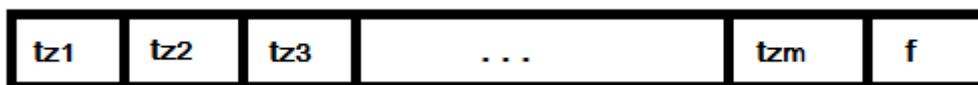


Рисунок 2 – Набор хромосом индивида с фитнес-функцией

Хромосома i члена популяции содержит значение t_{zi} , которое равно длительности i -ой фазы светофорного цикла, если значение равно нулю, то эта фаза отсутствует в цикле регулирования. Значение генома для каждой хромосомы лежит в интервале (t_{\min}, t_{\max}) . Количество фаз m и варианты движения потоков определяются на этапе проектирования системы. На данном этапе, а также на этапе скрещивания проверяется условие допустимости существования этого индивида. Проверка заключается в анализе всех фаз и проверки на то условие, чтобы за весь цикл выделялось время для каждого из направлений движения. Если это условие не выполняется, то фитнес-функция вычисляется с ошибкой, поэтому, чтобы не тратить время на вычисление, данный набор хромосом изменяется.

Этап 2. Скрещивание (кроссовер).

Отбор в генетическом алгоритме тесно связан с принципами естественного отбора в природе следующим образом:

– приспособленность индивидуума – значение целевой функции (фитнес-функции) на этом индивидууме;

– выживание наиболее приспособленных – популяция следующего поколения формируется в соответствии с целевой функцией. Чем приспособленнее индивидуум, тем больше вероятность его участия в кроссовере, т. е. размножении.

Модель отбора определяет, каким образом следует строить популяцию следующего поколения. Как правило, вероятность участия индивидуума в скрещивании берется пропорциональной его приспособленности. Таким образом, каждое следующее поколение будет в среднем лучше предыдущего. Вероятность участия i -ого члена популяции в скрещивании определяется согласно формуле (1.2).

$$P_i = \frac{1}{m-1} \left(1 - \frac{f_i}{\sum_{j=1}^m f_j} \right). \quad (1)$$

После определения индивидуумов – участников скрещивания, выполняется сама операция кроссовера.

Одноточечный кроссовер работает следующим образом. Сначала, случайным образом выбирается точка разрыва (Точка разрыва – участок между соседними битами в строке.). Обе родительские структуры разрываются на два

сегмента по этой точке. Затем, соответствующие сегменты различных родителей склеиваются и получаются два генотипа потомков. Можно применять и многоточечный кроссовер или равномерный кроссовер. В равномерном кроссовере, каждый геном первого родителя наследуется первым потомком с заданной вероятностью; в противном случае он передается второму потомку.

Этап 3. Мутация.

После того, как закончится стадия кроссовера, выполняются операторы мутации. Для каждого индивида подвергается мутации каждый геном с вероятностью P_m . Популяция, полученная после мутации, записывает поверх старой. Мутация изменяет значение генома t_{zi} для индивида на некоторое значение из диапазона $[-5,5]$.

Этап 4. Отбор.

На этом этапе происходит сортировка всех генотипов по целевой функции и включение индивидов с лучшими значениями целевой функции в следующее поколение. Туда также включатся родительские генотипы с лучшими значениями f , в соответствии с принципами «элитизма». Использование «элитизма» позволяет не потерять хорошее промежуточное решение.

Затем этапы алгоритма выполняются опять, начиная со второго. Так происходит ограниченное число эпох (приемлемое время расчета), в результате чего выбирается наилучший вариант решения задачи оптимизации. Геномы этого варианты будут использованы для задания структуры и длительностей фаз для светового цикла.

Генетический алгоритм представляет собой комбинированный метод перебора и градиентного спуска. Механизмы скрещивания и мутации в каком-то смысле реализуют переборную часть метода, а отбор лучших решений – градиентный спуск.

Далее рассмотрим алгоритм пчелиного роя, который также состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Аналогично генетическому алгоритму, создается популяция пчел, каждая из которых содержит m координат и текущее значение функции оптимальности f (которая определяется формулой (2)).

$$f = \sum_{i=1}^m w_i e_{ii}^i \rightarrow \min, \quad (2)$$

Так же задается случайным образом начальные скорости движения. Каждой координате соответствует длительность некоторой фазы в световом цикле t_{zi} .

Этап 2. Для каждой пчелы в рое, выполняем перемещение в новом направлении в соответствии с ее положением и скоростью. Проверяется выход пчелы за границы допустимого решения, и выполняются необходимые ограничивающие действия.

Этап 3. Для каждой пчелы вычисляем значение целевой функции в ее новой позиции. Сравниваем это значение со значением ПНП пчелы, и при необходимости заменяем ПНП текущей позицией. Сравниваем это значение со значением ГНП роя и при необходимости заменяем ГНП текущей позицией.

Этап 4. Для каждой пчелы вычисляем новую скорость перемещения согласно формуле (3).

$$v_i^{j+1} = w \cdot v_i^j + c_1 \psi_1(p_i - t_{zi}) + c_2 \psi_2(g_i - t_{zi}), \quad (3)$$

где v_i^j – скорость пчелы в измерении i на j -ой итерации;

w – инерционный вес, это число (находящееся в интервале $[0,1]$) отражает, в какой мере частица сохраняет свою первоначальную скорость;

p_i, g_i – значения i -ой координаты для ПНП пчелы и для ГНП всего роя;
 ψ_1, ψ_2 – случайная величина в диапазоне $[-1, 1]$;
 c_1, c_2 – постоянные весовые коэффициенты, определяющие притяжение к собственной ПНП и к ГНП роя.

Параметр c_1 определяет, какое влияние на частицу оказывает ее память о ПНП, а c_2 определяет, какое влияние на частицу оказывают остальные члены роя. Эти коэффициенты иногда рассматриваются как познавательный и социальный факторы.

Этап 6. Проверка условия завершения алгоритма, если поиск не завершен, выполняется переход на этап 2.

В качестве оценки текущего состояния процесса поиска предлагается использовать ограниченное количество эпох, либо усредненное для роя значение евклидова расстояния ε от каждой пчелы до центра тяжести роя определяется согласно формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \sqrt{\sum_{i=1}^m (t_{zi}^j - t_{zi}^*)^2}, \quad (4)$$

где k – размер популяции;

t_{zi}^* – центр тяжести роя по координате i :

$$t_{zi}^* = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k t_{zi}^j, \quad (5)$$

Результатом поиска является ГНП роя. Значение функции отклика в этой точке по отношению к известному значению глобального экстремума определяет точность поиска. Важным преимуществом рассмотренного метода поиска оптимального решения является его робастность, т. е. он сохраняет работоспособность на достаточно сложных поверхностях отклика, а также при наличии стохастической оставляющей в измеряемом значении функции отклика.

5 Сравнение методов с жестким методом

В начале объектом испытания является программа, реализующая адаптивные алгоритмы генетического и пчелиного методов. Входными данными для этой программы являются сгенерированные интенсивности. На выходе получим фазы зеленых сигналов.

Далее объектом испытаний является полученные в первой части фазы сигналов. Затем они будут проверены на перекрестке с различными принципами регулирования. Моделирование проводится в разных режимах работы. Во-первых, на жестком алгоритме, когда фазы зеленого сигнала равны все по 30 секунд. Во-вторых, моделирование проводится на адаптивных данных.

Целью испытаний была проверка работоспособности созданных моделей, а также проведение сравнения между работой адаптивного регулирования дорожного транспорта и жестким регулированием. Основные параметрами для перекрестка являются характеристики очереди: максимальное значение очереди, среднее значение очереди, среднее время пребывания в очереди.

После сравнения результатов выяснилось, что в модели с генетическим алгоритмом очередь уменьшилась и среднее время пребывания транспорта в очереди тоже, по сравнению с жестким. В модели с алгоритмом пчелиного роя

видно, что очередь уменьшилась и среднее время пребывания транспорта в очереди тоже, по сравнению с жестким.

Заключение.

В результате выполнения данной работы было разработано программное обеспечение минимизации средней задержки на перекрестке, реализующее естественные алгоритмы пчелиного роя и генетического алгоритма. В результате сравнения выяснено, что для наиболее удачного регулирования дорожным движением необходимо применять адаптивное управление. Жесткое программное регулирование не способно учитывать случайные изменения в числе автомобилей, подходящих к перекрестку.

Таким образом, адаптивное управление улучшает управление движением на перекрестке, и состоит из таких технических средств и алгоритмов управления, которые обеспечили бы адаптацию режимов регулирования к изменению условий движения. Что обеспечит снижение загруженности направлений движения, уменьшит расход топлива и благоприятно скажется на экологической обстановке.

В последнее время на основе мультиагентных систем намечается новое направление в развитии управления перекрестками и транспортными потоками на них [12–15].

Список цитированных источников

1. Анфилец, С. В. Анализ результатов моделирования транспортных потоков перед светофором / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов / НИЦ ДД БНТУ. – Минск, 2011. – С. 51–54.

2. Касьяник, В. В. Видеодетектирование транспортных потоков / В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов / НИЦ ДД БНТУ. – Минск, 2011. – С. 55–58.

3. Войцехович, О. Ю. Жесткое и адаптивное управление автотранспортом / О. Ю. Войцехович, В. Н. Шуть // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. трудов / НИЦ ДД БНТУ. – Минск, 2011. – С. 159–164.

4. Шуть, В. Н. Адаптивная система управления автотранспортом на регулируемом перекрестке / В. Н. Шуть, С. В. Анфилец, // Электроника, автоматика и измерительная техника : межвузовский сб. науч. трудов / УГАТУ. – Уфа, 2011. – С. 10–15.

5. Анфилец, С. В. Оценка эффективности светофорного регулирования на перекрестке при использовании адаптивного управления на основе нейросетевого прогнозирования транспортных потоков / С. В. Анфилец, В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // сб. науч. трудов XIII всеросс. науч.-технич. конф. Нейроинформатика-2011, г. Москва : в 3 ч. – М. : НИЯУ МИФИ, 2010. – Ч.1. – С. 51–53.

6. Шуть, В. Н. Оптимизация управления автотранспортом перед светофором в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть, В. С. Партин, С. В. Анфилец, В. В. Касьяник // Вестник БрГТУ. Физика, математика, информатика. – 2008. – № 5 (53). – С. 110–112.

7. Шуть, В. Н. Расширение возможностей оптимального управления транспортными потоками в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть // Електроніка та інформаційні технології : зб. Наук. Праць. – Вип. 3. – Львов, 2013 – С. 193–201.

8. Анфилец, С. В. Адаптивный алгоритм управления на основе поэтапной настройки светофорных объектов по магистрали / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Доклады БГУИР. – 2011. – № 6 (60). – С. 79–86.

9. Анфилец С. В. Компьютерный расчет восстанавливаемых экологических потерь при внедрении адаптивной системы на улично-дорожной сети города / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 268. – С. 106–108.

10. Шуть, В. Н. Поддержка решений и анализ условий включения адаптивной системы управления светофорным объектом на пешеходных переходах улично-дорожной сети / В. Н. Шуть // Вестник БрГТУ. Физика, математика, информатика. – 2011. – № 5 – С.54–57.

11. Шуть, В. Н. Центрирование импульса интенсивности для адаптивной настройки сдвигов фаз / В. Н. Шуть, С. В. Анфилец // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 59–63.

12. Шуть, В. Н. Управление движением автотранспортных средств с использованием мобильного помощника водителя / В. Н. Шуть // Проблемы информационных технологий. – 2013. – № 01 (013). – С. 159–164.

13. Шуть, В. Н. Мультиагентное управление перекрестком / В. Н. Шуть // Вестник Херсонского нац. технич. ун-та. – 2014. – № 3 (50). – С. 179–184.

14. Шуть В.Н Мультиагентное управление движением транспортных средств в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. – 2014. – № 4 – С. 123–128.

15. Климович, А. Н. Современные подходы и алгоритмы управления транспортными потоками / А. Н. Климович, А. С. Рыщук, В. Н. Шуть // Вестник Херсонского нац. технич. ун-та, – 2015. – № 3 (54). – С. 252–256.

УДК 631.175: 631.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ

А. П. Лихацевич, д. т. н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, гл. науч. сотр. РУП «Институт мелиорации», Минск, Беларусь, e-mail: alikhatsevich@mail.ru
А. В. Малышко, зав. отделом минерального питания РУП «Научная станция по сахарной свекле», Несвиж, Беларусь, e-mail: malyschko@mail.ru

Реферат

Отмечено, что эмпирические зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от урожаяформирующих факторов в виде полиномов любой степени, полученные методом множественной нелинейной регрессии, справедливы только для условий конкретного полевого опыта. С их использованием невозможно проводить теоретические обобщения, позволяющие широко использовать частные решения в производственной практике. Предложенная схема математического моделирования урожайности базируется на физическом принципе баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе (causal interaction). Показано, что математическая модель урожайности, представленная в мультипликативной форме, может включать неограниченное число урожаяформирующих факторов. Справедливость разработанного решения подтверждена 13-летними данными урожайности сахарной свеклы (гибрид NZ-тип), возделываемой в Беларуси на Молодечненской государственной сортоиспытательной станции.

Определены условия верификации модели, позволяющие прогнозировать урожайность сахарной свеклы по агрохимическим показателям почвы и вносимым удобрениям. Модель прогноза урожайности представлена в безразмерной форме, все блоки сомножителей данной модели являются критериями подобия. Это позволяет сравнивать между собой результаты математического моделирования урожайности любой сельскохозяйственной культуры на почвах с любыми агрохимическими свойствами.

Ключевые слова: урожайность, агрохимические показатели почвы, опорные показатели математической модели урожайности.

SIMULATION OF SUGAR BEET YIELD

A. P. Likhatchevich, A. V. Malyshko

Abstract

It is noted that the empirical dependences of crop yields on crop-forming factors in the form of polynomials of any degree obtained by the multiple nonlinear regression method are valid only for the conditions of a specific field experiment. Using them, it is impossible to make a generalization that would allow the widespread use of particular solutions in production practice. The proposed scheme for mathematical modeling of yield is based on the physical principle of the balance of cause-and-effect interactions in a closed physical system (causal interaction). It is shown that the mathematical model of yield, presented in multiplicative form, can include an unlimited number of yield-forming factors. The validity of the developed solution is confirmed by 13-year data on the yield of sugar beet (NZ-type hybrid) cultivated in Belarus at the Molodechno State Variety Testing Station.

Conditions for model verification have been determined that make it possible to predict the yield of sugar beets based on agrochemical soil parameters and applied fertilizers. The yield forecast model is presented in dimensionless form, all blocks of factors of this model are similarity criteria. This allows you to compare the results of mathematical modeling of the yield of any agricultural crop on soils with any agrochemical properties.

Keywords: productivity, plant nutrition, reference indicators of the mathematical model of productivity.

Введение

Анализ терминологии, используемой в математическом моделировании исследуемых процессов, позволяет выделить этапы моделирования. Например, в Математическом энциклопедическом словаре отмечено, что первый этап математического моделирования состоит в «...*формулировании законов*, связывающих основные объекты модели... Этап завершается записью в математических терминах сформулированных качественных представлений о связях между объектами модели» [1, с. 343]. В Мелиоративной энциклопедии дается разъяснение: «математическая модель явления или процесса обычно создается на основании применения к ним *наиболее общих законов*». И далее раскрываются преимущества подобного подхода к моделированию «...записывая эти законы в виде систем *дифференциальных уравнений* и аналитически исследуя их, можно получить информацию о процессах или явлениях, которые не наблюдались в природе или наблюдались в ограниченном диапазоне изменения исследуемых величин» [2, с. 183]. Таким образом, согласно [1, 2], математическое моделирование следует начинать с поиска (установления) общих законов, представленных дифференциальными уравнениями.

В Физическом энциклопедическом словаре находим пояснение академика А. М. Колмогорова: «...если исследуемые явления изучаются при помощи дифференциальных уравнений, то определяющие параметры появляются: 1) в виде величин, входящих в начальные и граничные условия; 2) в виде коэффициентов, входящих в дифференциальные уравнения. После приведения

уравнений к безразмерному виду в них остаются лишь безразмерные коэффициенты (соотношения), которые являются *критериями подобия*» [3, с. 559].

Из всего сказанного можем сделать вывод, что математическое моделирование в строгом научном понимании основывается на двух столпах – *теории подобия и анализе размерностей* [3, с. 426], что поднимает его до уровня физического моделирования. Выполнение указанных требований, относящихся как к теоретическому, так и к эмпирическому моделированию, позволяет разрабатывать наиболее общие математические модели, охватывающие весь спектр факторов, влияющих на изучаемые процессы.

На основании сказанного при обобщении требований к эмпирическому моделированию можно сформулировать общее определение: *обобщенная математическая модель объекта исследований – это математическое выражение, построенное с соблюдением баланса размерностей, содержательно отражающее свойства изучаемого объекта и количественные связи, его характеризующие. Каждый элемент математической модели, включая численные коэффициенты, должен иметь объяснимое физическое содержание.*

Исходя из данного определения, можем утверждать, что математическое моделирование в аграрной науке, включая моделирование урожайности сельскохозяйственных культур, необходимо поднять на качественно новый уровень. Первым шагом на этом пути является разработка алгоритма моделирования, доступного исследователям-аграриям и способного привести к эффективному научному и практическому результату.

Математические модели урожайности в виде дифференциальных уравнений (в полном соответствии с выше цитируемой Мелиоративной энциклопедией) с поэтапно рассчитываемым приростом урожайности культуры в процессе вегетации предлагались нашими известными учеными еще полвека назад. Например, академиком С. Ф. Аверьяновым и его учеником В. В. Шабановым еще в 1973 году в основе зависимости урожайности от любого фактора жизни растений предлагалось использовать дифференциальное уравнение вида [4]

$$\frac{dU}{d\varphi} = f[U(\varphi_{opt} - \varphi)], \quad (1)$$

где U – показатель жизнедеятельности растений; φ – значение рассматриваемого фактора влияния; φ_{opt} – его оптимальное значение, при котором показатель жизнедеятельности растения максимален.

Уравнение (1) записано для ограниченного временного отрезка. Конечный урожай, по мнению авторов, можно получить, суммируя показатели жизнедеятельности растений за весь период вегетации.

В 1977 году опубликована модель формирования урожая, построенная на базе теории энерго- и массообмена растительного сообщества с окружающей средой. В основе модели белорусский ученый Г. И. Афанасик использовал известное соотношение между поглощением растением углекислого газа из воздуха в процессе фотосинтеза и приростом общей биомассы [5]

$$dy = k q dt, \quad (2)$$

где dy – приращение биомассы; k – отношение вновь образованного в растении сухого вещества к поглощенному углекислому газу; q – интенсивность поглощения углекислого газа; dt – приращение времени.

Решение дифференциального уравнения (2) выполнено автором с применением многочисленных упрощений, эмпирических интерпретаций и допущений. Г. И. Афанасик указывает, что для использования предложенной модели в целях оперативного управления комплексом факторов жизни растений необходимо измерять температуру и влажность воздуха на высоте 0,5 и 2,0 м над растительным покровом, радиационный баланс, суммарную солнечную радиацию, поток тепла в почву, испарение с поверхности почвы, температуру и влажность почвы, содержание элементов питания в листьях [5]. Ясно, что проведение таких измерений в течение вегетации в производственных условиях не осуществимо.

Предлагались и другие решения в качестве моделей продукционного процесса. Например, в 2007 году в качестве модели урожайности профессором Л. В. Кирейчевой и ее учеником А. В. Ромко (Россия) использована зависимость, в которой развитие растений задавалось через индекс листовой поверхности, высоту растений и глубину корнеобитаемого слоя (как линейные по времени функции фазы развития растений) [6]. Расчет урожайности рекомендовано производить по обобщающей формуле

$$\frac{Y}{Y_{max}} = \prod_{j=1}^N \left[1 - k_{yj} \left(1 - \frac{E_j}{E_{maxj}} \right) \right], \quad (3)$$

где j – фаза развития растения; N – число фаз развития; k_{yj} – коэффициент, названный фактором урожайности в j -ю фазу развития; E_j – фактическое суммарное водопотребление в j -ю фазу развития; E_{maxj} – максимальное суммарное водопотребление в j -ю фазу развития.

В качестве основной причины упрощения исходной структуры модели до формулы (3) указано: хотя и «...существуют более сложные и точные модели роста и развития растений...», но более сложные модели требуют большего количества трудно получаемой исходной информации и иногда могут давать физически невозможные результаты» [6, с. 10]. Этот вывод получен после детального анализа разработанных моделей продукционного процесса как российского, так и зарубежного авторства.

Известны также варианты математических моделей урожайности, которые не требуют учета динамичности условий внешней среды. Например, к их числу можно отнести формулу профессора В. А. Попова, опубликованную в 1997 году [7]

$$Y = Y_{max} \exp \left[-4,5 \left(1 - \frac{f}{f_{opt}} \right)^2 \right]. \quad (4)$$

где f/f_{opt} – относительная величина лимитирующего фактора (отношение фактической его величины к оптимальной), оцениваемого в целом за вегетацию.

По утверждению автора результаты расчета по (4) дают ошибку, не превышающую в среднем 3,6 %. Однако и этот уникальный результат не получил дальнейшего практического приложения.

В 1990 году в справочном пособии [8] опубликована обобщающая формула, построенная на основе баланса размерностей и предназначенная для учета влияния факторов жизни растений на урожай

$$Y = Y_{max} \prod_{i=1}^n \left[1 - \left(1 - \frac{f_i}{f_{opt}} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где n – число факторов, влияющих на урожай; f/f_{opt} – относительная величина i -го фактора (отношение фактической его величины к оптимальной).

Применение уравнений (4) и (5) в практических расчетах не требует учета динамичности условий внешней среды, в формулах отсутствует фактор времени. В вычислениях используются только значения урожаяобразующих факторов за вегетационный период, что существенно упрощает расчет ожидаемой урожайности по планируемым ресурсам, например, по вносимым удобрениям, по почвенным влагозапасам и др. Вместе с тем, формулы (4) и (5) до настоящего времени не получили применения при статистической обработке опытных данных урожайности. Об этом свидетельствуют более поздние работы, в которых предлагается использовать модели урожайности в виде обычных эмпирических уравнений [9–15].

Известно, что математические модели, построенные с привлечением только эмпирико-статистических методик обработки данных опыта, всегда приводят только к частным решениям. Данный вывод в полной мере относится к эмпирическим формулам, предлагаемым в настоящее время для расчета урожайностей сельскохозяйственных культур [9–15]. Наиболее обоснованные расчетные зависимости имеют вид алгебраических полиномов, полученных с использованием стандартного математического инструмента – метода множественной нелинейной регрессии с включением в анализ различных нелинейных преобразований аргументов. Например, подобное частное решение предложено в Российской Федерации для расчета урожайности моркови при капельном орошении [15]

$$Y = a + b h + c N + d h^2 + e N^2 + f h N, \quad (6)$$

где Y – урожайность, т/га; a, b, c, d, e, f – численные эмпирические коэффициенты (без указания размерности), полученные по опытным данным; h – глубина промачивания почвы, м; N – доза внесения минерального азота, как лимитирующего элемента плодородия почвы, кг д. в./га.

По результатам полевых исследований автором подобраны численные значения эмпирических коэффициентов (a, b, c, d, e, f), разные для двух вариантов распределения посевного материала в посевной ленте (С1 – равномерного, С2 – с увеличением на 10 % в крайних строках и снижением на 10 % по центру ленты) (таблица 1) [15].

Таблица 1 – Параметры поверхности отклика уравнения (1)

Способ посева	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	Коэффициент детерминации
С1	-226,19	412,22	2,08	-521,11	-0,004	0,11	0,94
С2	-201,10	331,78	2,04	-469,44	-0,004	0,29	0,95

Предлагаемые для расчета урожайности эмпирические уравнения алгебраического вида (6) могут учесть от одного до трех урожаеформирующих факторов [9–15]. Причем, как видим, для учета третьего фактора привлекается таблица с конкретными численными показателями, поскольку математическое уравнение с тремя факторами существенно усложняется и малопригодно для практического использования. Численные значения эмпирических коэффициентов в формуле (6) зависят от неучтенных факторов, например, в (6) от физических и агрохимических характеристик почвы. На почвах с другими показателями плодородия значения эмпирических коэффициентов (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*) будут другими. Подобные эмпирические формулы справедливы только для тех условий, в которых получены. На их основе невозможно проводить какие-либо теоретические обобщения, позволяющие развить частные решения вида (6) до обобщенной математической модели урожайности сельскохозяйственных культур.

Необходимо отметить, что в научной литературе в последние годы появилось множество эмпирических формул, в методиках построения которых вообще отсутствует уравнивание размерностей физических величин. Например, в используемом для количественного описания зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от урожаеформирующих факторов методе множественной нелинейной регрессии (как и в математической теории планирования эксперимента) требование уравнивания размерностей не только не является обязательным, но и вообще отсутствует.

Оценивая подобный эмпирический подход, некоторые исследователи считают, что при любом коэффициенте детерминации такие эмпирические уравнения не являются действительными моделями исследуемого процесса, поскольку не имеют физического смысла, а представляют собой лишь формальное математическое сглаживание данных конкретных экспериментов. Использовать эти эмпирические формулы можно только в пределах конкретного опыта (участка, поля), где получены исходные данные для анализа [16, 17]. Однако учитывая то, что в настоящее время в агротехнологической науке не завершено формирование терминологии в области моделирования, полагаем, что связь урожайности сельскохозяйственных культур с урожаеформирующими факторами, представляемую в виде алгебраических полиномов, не имеющих так называемого «физического смысла», все же можно называть частными математическими моделями. Хотя очевидно, что частные (ограниченного применения) модели [9-15], построенные без опоры на общий физический закон, не находят широкого практического применения, поскольку вообще непригодны для разработки обобщенных информационных систем управления какими-либо процессами. При этом отметим, что использование известной математической теории планирования эксперимента для численного описания взаимодействий в системе «факторы среды обитания растений – урожайность» также наталкивается на непреодолимые трудности при попытках учета воздействия на растения не

только техногенных управляемых, но и природных неуправляемых факторов с непредсказуемой динамикой [18, 19].

Вместе с тем, очевидно, что актуальность разработки информационных систем поддержки управления аграрными технологиями, учитывающих влияние урожаеформирующих факторов на урожайность, в условиях приближения сельскохозяйственного производства к цифровым системам земледелия постоянно возрастает. Для решения данной насущной проблемы, прежде всего, необходимо определить и научно обосновать путь разработки обобщенной математической модели, справедливой для любых условий и представляющей зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от факторов жизни растений.

Построение математической модели урожайности сельскохозяйственных культур Исходя из требования обязательной опоры математического моделирования объекта исследований на относящийся к нему общий физический закон, используем в качестве методологической основы моделирования урожайности физический принцип баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе (causal interaction) [20].

Формальным выражением физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе применительно к модели урожайности (в полном соответствии с разъяснениями Мелиоративной энциклопедии [2, с. 183]) является дифференциальное уравнение в частных производных

$$\frac{\partial Y}{\partial R_i} = \alpha_i f_i \left(\frac{Y}{R_i} \right) \frac{g_i(R_i)}{h_i(R_{i(extr)})}, \quad (7)$$

где $\partial Y/\partial R_i$ – частная производная урожайности (Y) по i -му урожаеформирующему фактору (R_i), соответствующая интенсивности изменения Y при изменении R_i , при условии, что другие факторы (аргументы функции) не изменяются; Y – урожайность; R_i – обобщенное представление i -го урожаеформирующего фактора; α_i – безразмерный коэффициент, характеризующий восприимчивость урожая к действию i -го фактора; $f_i(Y/R_i)$ – функция, характеризующая реакцию урожайности на влияние i -го фактора в пределах рассматриваемого диапазона его воздействия; $g_i(R_i)$ – функция, характеризующая величину стресса растений при отклонении i -го фактора (R_i) от оптимального уровня (R_{opt}); $h_i(R_{i(extr)})$ – функция, характеризующая экстремальный стресс от воздействия i -го фактора, приводящий к потере урожая.

Наиболее сложным и ответственным действием в предлагаемой схеме математического моделирования является установление вида функций $f_i(Y/R_i)$, $g_i(R_i)$ и $h_i(R_{i(extr)})$. При этом требуется соблюдение следующих условий: *необходимым условием* является полное соответствие предлагаемых зависимостей физическим закономерностям, установленным в опытах; *достаточное условие* состоит в обязательном соблюдении баланса размерностей всех показателей, входящих в функции $f_i(Y/R_i)$, $g_i(R_i)$ и $h_i(R_{i(extr)})$. Кроме того, вводим дополнительное условие, которое состоит в исключении «человеческого фактора»: определение количественных значений урожайностей и всех урожаеформирующих факторов

должно выполняться в строгом соответствии с установленными методиками без вмешательства «личного интереса», подгонок и фальсификаций.

В соответствии с представленным выше *необходимым условием* при построении модели урожайности в системе «урожаеформирующие факторы среды (аргументы) – урожайность (функция)» учтем известные законы земледелия и установленные опытным путем закономерности, которые являются граничными условиями моделирования. Основные из них изложены в многочисленной литературе [21–23 и др.]. Из них выделим следующие закономерности:

1) при отклонении урожаеформирующего фактора от оптимального значения в любую сторону (к минимуму или к максимуму) растения испытывают стресс, который снижает урожайность;

2) величина отклонений фактических значений факторов среды от их оптимума определяет величину стресса, испытываемого растениями при формировании урожайности;

3) с приближением условий среды (значений урожаеформирующих факторов) от минимума или от максимума к оптимуму прирост урожайности замедляется;

4) если условия среды (урожаеформирующие факторы) находятся в оптимуме, то растения образуют максимум урожайности;

5) урожаеформирующие факторы равноценны по влиянию на растения и не могут заменять друг друга;

6) наибольшее влияние на снижение урожая оказывает фактор, находящийся в минимуме (закон минимума).

Исходя из отмеченных граничных условий, упростим задачу и будем рассматривать только интересующие нас области функций $f_i(Y/R_i)$, $g_i(R_i)$ и $h_i(R_{i(extr)})$. Например, при направленном регулировании пищевого режима наиболее предпочтительно построение модели в области с повышением доз вносимых удобрений от минимума до уровня, дающего максимальный урожай, а при регулировании водного режима растений следует отдельно анализировать области либо снижения влагообеспеченности от максимума до оптимума (при ликвидации переувлажнения) или ее целенаправленного повышения от минимума до оптимума (в засушливых условиях).

Соблюдая *достаточное условие*, в первом приближении можем представить составные элементы математического выражения (2), формализующего принцип баланса причинно-следственных взаимодействий в системе «урожаеформирующие факторы среды (причина) – урожайность (следствие)», в виде простейших зависимостей

$$f_i \left(\frac{Y}{R_i} \right) = \frac{Y_{max}}{R_{i(opt)} - R_{i(0)}}, \quad (8)$$

$$g_i (R_i) = R_{i(opt)} - R_i, \quad (9)$$

$$h_i (R_{i(extr)}) = R_{i(opt)} - R_{i(0)}, \quad (10)$$

где Y – урожайность культуры; $R_{i(opt)}$ – оптимальный уровень i -го фактора, при котором урожайность достигает своего максимума (Y_{max}); $R_{i(0)}$ – уровень i -го фактора, при котором урожай перестает формироваться.

Дифференциальное уравнение (7) с учетом зависимостей (8–10) принимает форму

$$\frac{\partial Y}{\partial R_i} = a_i Y_{max} \frac{R_{i(opt)} - R_i}{(R_{i(opt)} - R_{i(0)})^2}. \quad (11)$$

С учетом второй части формулировки физического принципа «causal interaction» – «каждый из факторов, действующих на Y , сообщает ему такое же изменение, как если бы других факторов не было» – решение (11) получим в виде мультипликативной функции, которая и будет являться простейшей моделью урожайности

$$\frac{Y}{Y_{max[n]}} = \prod_{i=1}^n \left[1 - a_i \left(\frac{R_{i(opt)} - R_i}{R_{i(opt)} - R_{i(0)}} \right)^2 \right], \quad (12)$$

где n – количество учитываемых в математической модели урожайности факторов; $Y_{max[n]}$ – максимальная урожайность культуры, приближающаяся к биологически потенциальной при $n \rightarrow \infty$.

Запишем формулу (12) для n -факторного опыта в общем виде

$$\frac{Y}{Y_{max[n]}} = \left[1 - a_1 \left(\frac{R_{1(opt)} - R_1}{R_{1(opt)} - R_{1(0)}} \right)^2 \right] \left[1 - a_2 \left(\frac{R_{2(opt)} - R_2}{R_{2(opt)} - R_{2(0)}} \right)^2 \right] \dots \left[1 - a_n \left(\frac{R_{n(opt)} - R_n}{R_{n(opt)} - R_{n(0)}} \right)^2 \right], \quad (13)$$

где Y – фактическая урожайность; a_1, a_2, a_n – коэффициенты, характеризующие степень влияния на урожайность 1-го, 2-го, ... n -го урожаяформирующих факторов, соответственно (безразмерные величины); $R_{1(opt)}, R_{2(opt)}, R_{n(opt)}$ – оптимальные количества 1-го, 2-го, ... n -го урожаяформирующих факторов, соответственно, при которых достигается максимум урожайности; $R_{1(0)}, R_{2(0)}, R_{n(0)}$ – количества 1-го, 2-го, ... n -го урожаяформирующих факторов, соответственно, при которых урожай не формируется.

Анализ структуры формулы (13) показывает, что она не только отвечает требованиям математического моделирования, но и учитывает приведенные выше закономерности, которые являются граничными условиями моделирования.

Опорные показатели предложенной математической модели урожайности ($Y_{max}, a_1, a_2, a_n, R_{1(opt)}, R_{2(opt)}, R_{n(opt)}, R_{1(0)}, R_{2(0)}, R_{n(0)}$) устанавливаются в процессе последовательных приближений, ориентируясь на минимизацию среднеквадратических (стандартных) отклонений урожайностей, вычисленных по (13), от урожайностей, измеренных в поле. В принципе здесь можно использовать разные показатели, например, суммы или среднеарифметические значения абсолютных величин этих отклонений, а также другие статистические характеристики, но на наш взгляд наиболее показательными являются среднеквадратические (стандартные) отклонения урожайностей, вычисленных по (13), от урожайностей, измеренных в поле. Сравнение результатов расчета при разных

значениях опорных показателей модели (13) проводится до получения минимального значения среднеквадратического (стандартного) отклонения

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=N} (Y_{\text{бтч},i} - Y_i)^2}{N-1}} \rightarrow \min, \quad (14)$$

где δ – среднеквадратическое отклонение урожайностей, вычисленных по формуле (13), от урожайностей, замеренных в поле, за каждый (j -й) год из N участвующих в расчете лет; $Y_{\text{бтч},j}$ – урожайность, вычисленная по формуле (13) для условий j -го года; Y_j – фактическая урожайность, полученная в поле в условиях j -го года; j – порядковый номер года в многолетии; N – количество лет исследований в многолетнем ряду.

Результаты и обсуждение. Справедливость формулы (13) проверим с использованием данных сортоиспытаний сахарной свеклы (гибрид NZ-тип), полученных на Молодечненской государственной сельскохозяйственной сортоиспытательной станции (Молодечненской ГСХУ). В табл. 1 приведены результаты сортоиспытаний 13-летней продолжительности (2011-2023 гг.).

В исходной информации (табл. 1) помимо урожайности сахарной свеклы присутствуют 7 урожаеформирующих факторов: рН, гумус (G), K_2O , P_2O_5 , NPK, среднесуточные температуры воздуха и атмосферные осадки, которые являются показателем тепло- и влагообеспеченности растений. Заметим, что атмосферные осадки, как характеристика влагообеспеченности растений, являются весьма приближенным показателем, поскольку значительная часть обильных осадков может теряться на непродуктивный сброс (например, в таблице 1 – это май 2014 года, июль 2016 и 2018 гг. и др.). Данный выбор показателя является вынужденным в условиях отсутствия контроля за динамикой влажности почвы.

Анализ показывает, что наиболее ответственным (критическим) периодом при оценке влагообеспеченности сахарной свеклы на Молодечненской ГСХУ являются месяцы с мая по июль, включительно. Отметим, что расстояние от метеопункта, на котором контролируются атмосферные осадки, до полей со свеклой составляло в среднем около 4 км. Поэтому количество атмосферных осадков, выпадающих на сахарную свеклу, не всегда соответствовало их количеству, замеренному на метеопосту. Вместе с тем, суммирование суточных величин атмосферных осадков за несколько месяцев несколько снижает расхождение между их суммами по данным метеопоста и выпавших на поле с сахарной свеклой. Следует ожидать, что различие среднесуточных температур воздуха между данными поля и метеопоста также не столь велико.

Таблица 1 – Исходные данные моделирования урожайности сахарной свеклы (Молодечненская ГСХУ)

№ п/п	Год	Урожай т/га	Агрохимические показатели почвы				Внесено				Атмосферные осадки, суммы за месяц, мм				Среднесуточные температуры воздуха, осредненные за месяц, °С			
			рН	Гумус	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K	NPK	суммы за месяц, мм				осредненные за месяц, °С			
			-	%	мг/кг		кг д. в. / га				V	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII
1	2011	80,2	5,82	3,62	335	350	136	90	120	346	57	85	119	101	13,5	18,6	19,6	17,6
2	2012	56,4	5,76	3,45	319	334	120	90	90	300	58	92	44	52	14,4	15,3	20,4	16,8
3	2013	61,4	5,78	3,53	321	321	130	90	120	340	105	83	85	56	16,4	18,8	18,2	18,0
4	2014	63,9	5,80	3,6	325	321	130	90	120	340	149	47	28	92	13,9	15,1	20,8	18,4
5	2015	35,6	5,75	3,40	319	314	120	90	90	300	97	47	94	15	12,0	16,6	17,4	20,3
6	2016	63,4	5,76	3,58	322	321	130	90	120	340	14	62	194	107	15,1	18,2	18,5	17,6
7	2017	62,1	5,75	3,55	324	321	130	90	120	340	15	105	119	74	12,9	15,6	17,0	18,3
8	2018	67,1	5,80	3,62	325	321	130	90	120	340	16	30	156	45	17,0	17,5	19,3	19,4
9	2019	61,2	5,78	3,62	320	324	130	90	120	340	63	20	113	71	17,2	25,1	20,2	22,3
10	2020	54,3	5,75	3,55	320	314	120	90	90	300	80	127	52	28	13,8	23,4	21,6	22,8
11	2021	46,8	5,83	3,55	320	314	120	90	90	300	106	56	32	119	11,0	18,5	21,0	16,0
12	2022	68,4	6,12	3,62	315	325	120	90	180	390	21	103	111	107	9,0	16,0	20,0	16,0
13	2023	47,3	6,30	3,40	310	320	120	90	180	390	6	25	89	84	13,6	18,1	18,4	20,5

Почвы на Молодечненской ГСХУ под сахарной свеклой относятся к высокоплодородным дерново-подзолистым, легкосуглинистым, развивающимся на лессовидных суглинках, подстилаемых мореной. Соответствует данным показателям (высокому содержанию гумуса, калия и фосфора) достаточно высокая урожайность, полученная в 2011–2023 гг. Вместе с тем по годам наблюдаются значительные колебания урожайности сахарной свеклы – от 35,6 в 2015 году до 80,2 т/га в 2011, то есть более чем в два раза. Очевидно, что при должном соблюдении требований агротехники на Молодечненской ГСХУ данные колебания вызваны только изменением характеристик почвы и метеоусловий.

На первом качественном этапе анализа сравним полученную урожайность сахарной свеклы с агрохимическими показателями почвы. Как видим, наиболее высокая урожайность получена в 2011 году на фоне повышенного содержания в почве гумуса и калия при внесении более высокой дозы азота. Причина наименьшей урожайности сахарной свеклы в 2015 году обусловлена наиболее низкими значениями этих показателей (таблица 1).

Следующий этап анализа состоит в установлении количественных зависимостей полученной по годам урожайности сахарной свеклы от агрохимических показателей почвы, температур воздуха и выпавших атмосферных осадков (рисунок 1). Как видим, наблюдается четкая градация этих показателей по влиянию на урожайность.

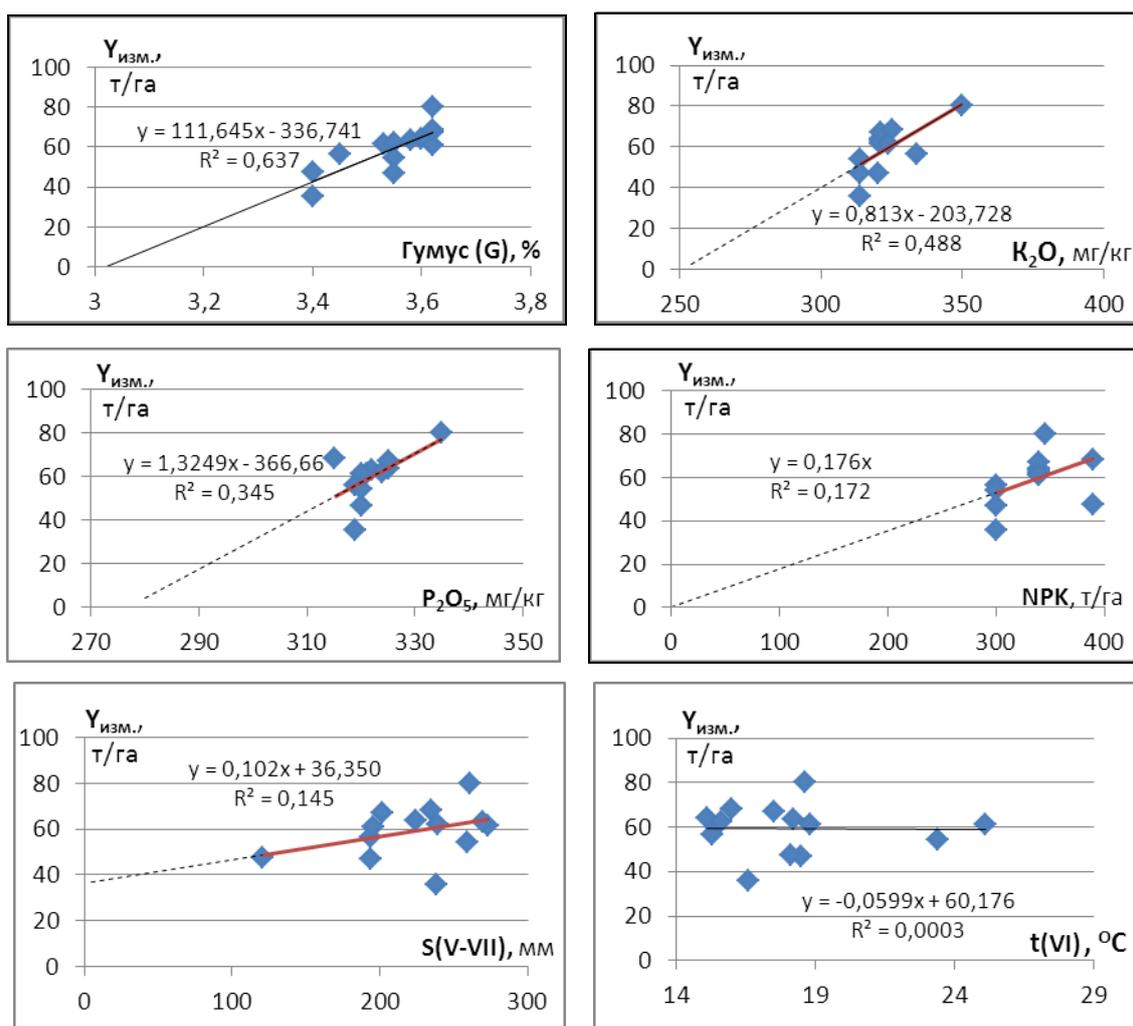


Рисунок 1 – Связь урожайности сахарной свеклы с агрохимическими показателями почвы, атмосферными осадками и температурой воздуха

Наиболее зависима урожайность сахарной свеклы от содержания в почве гумуса (G). Затем по важности для культуры располагается содержание в почве K_2O . В то же время влияние на урожайность таких показателей как P_2O_5 , NPK, pH, среднесуточных температур воздуха и выпавших атмосферных осадков, согласно рисунку 1, можно назвать несущественной. Тот же вывод относится и к кислотности почвы.

В таблице 2 для сахарной свеклы, возделываемой на полях ГСХУ «Молодечненская СС», приведены полученные методом подбора с использованием графиков (рисунок 1) по схеме (14) опорные показатели математической модели урожайности (13). Как видим, численные значения опорных показателей математической модели постоянны по величине и не зависят от состава учитываемых факторов. Тем самым подтверждается положение физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий: «каждый из урожаеформирующих факторов, действующих на урожайность, сообщает ему такое же изменение, как если бы других факторов не было».

Таблица 2 – Опорные показатели математической модели урожайности (13)

Наименование показателей	Учитываемые урожаеформирующие факторы							
	Гумус (G)	G, K_2O	G, K_2O , NPK	G, K_2O , NPK, P_2O_5	G, K_2O , NPK, t(VI)	G, K_2O , NPK, t(VI), S(V-VII)	G, K_2O , NPK, t(VI), P_2O_5	G, K_2O , NPK, t(VI), S(V-VII), P_2O_5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Y_{max} , т/га	69,0	83,0	88,0	92,5	89,3	92,9	93,8	95,8
a_G	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$G(opt)$, %	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
$G(0)$, %	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
a_{K_2O}	–	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$K_2O(opt)$, мг/кг	–	350	350	350	350	350	350	350
$K_2O(0)$, мг/кг	–	280	280	280	280	280	280	280
a_{NPK}	–	–	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$NPK(opt)$, кг д. в/га	–	–	440	440	440	440	440	440
$NPK(0)$, кг д. в/га	–	–	0	0	0	0	0	0
a_t					0,25	0,25	0,25	0,25
$t_{VI}(opt)$, мм					18,8	18,8	18,8	18,8
$t_{VI}(0)$, мм					7,1	5,9	6,0	5,2
a_S	–	–	–	–	–	0,18	–	0,10
$S_{V-VII}(opt)$, мм	–	–	–	–	–	430	–	430
$S_{V-VII}(0)$, мм	–	–	–	–	–	0	–	0
$a_{P_2O_5}$	–	–	–	1,00	–	–	1,00	1,00
$P_2O_5(opt)$, мг/кг	–	–	–	360	–	–	360	360
$P_2O_5(0)$, мг/кг	–	–	–	190	–	–	190	190
δ , т/га	7,354	3,487	2,935	2,712	2,625	2,462	2,470	2,447
R^2	0,576	0,905	0,933	0,942	0,946	0,952	0,952	0,953

Заметим, что безразмерный коэффициент, характеризующий восприимчивость урожая к действию атмосферных осадков, выпавших за май-июль, изменяется от 0,1 до 0,2. Это означает, что данный показатель влияет на результат в пределах 10–20 % (по указанным выше причинам). То же замечание можно отнести и действие среднесуточной температуры воздуха за июнь, которая по своему воздействию на урожайность сахарной свеклы, несмотря на отсутствие связи с урожайностью на рисунке 1, даже несколько превышает влияние влагообеспеченности культуры и влияние содержания в почве фосфора (таблица 2).

Перечень опорных показателей урожаяформирующих факторов в таблице 2 (сверху вниз) приведен в строгом соответствии с их значимостью по влиянию на урожайность сахарной свеклы. Иерархию их влияния, начиная от главного фактора и завершая наименее значительным, можно представить последовательностью

$$G \rightarrow K_2O \rightarrow NPK \rightarrow t(VI) \rightarrow S(V-VII) \rightarrow P_2O_5 \rightarrow pH. \quad (15)$$

Последовательность (16) подтверждается снижением среднеквадратического отклонения (δ) и ростом коэффициента детерминации (R^2) в соответствующих строках таблицы 2 (рисунок 2).

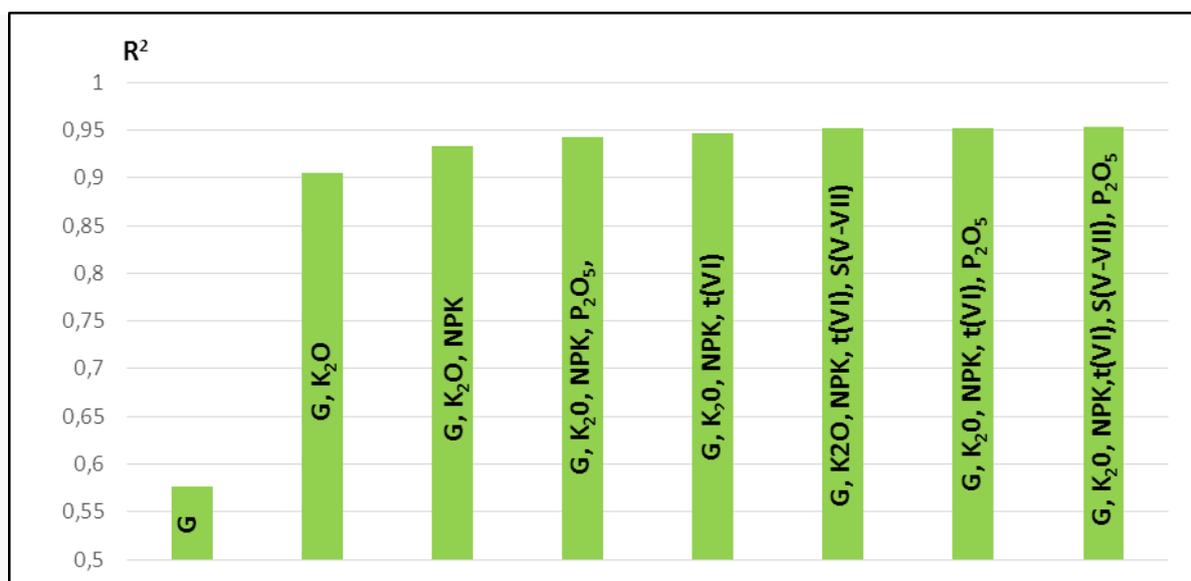


Рисунок 2 – Диаграмма повышения тесноты связи между измеренной в поле урожайностью и урожайностью сахарной свеклы, рассчитанной по формуле (13), с ростом количества учитываемых урожаяформирующих факторов.

Данные таблицы 2 и рисунка 2 дают много важной информации при оценке влияния урожаяформирующих факторов на урожайность сахарной свеклы. Во-первых, становится очевидным факт резкого повышения тесноты связи при повышении числа факторов, учитываемых при расчете урожайности, от одного до двух (повышается от $R^2 = 0,576$ до $R^2 = 0,905$). При дополнительном учете третьего фактора наблюдается еще один скачок до $R^2 = 0,933$. Согласно данным таблицы 2, четвертым фактором из агрохимических характеристик почвы по важности для сахарной свеклы является содержание фосфора. Поэтому первая четверка важнейших урожаяобразующих факторов для сахарной свеклы выстраивается вполне однозначно

$$G \rightarrow K_2O \rightarrow NPK \rightarrow P_2O_5. \quad (16)$$

Согласно представленным результатам математическая модель урожайности сельскохозяйственных культур (13), применительно к сахарной свекле по точности не уступает, а превосходит частные математические модели [9–15]. При этом подчеркнем, что с увеличением числа учитываемых в расчете урожаяформирующих факторов точность вычислений, представленная коэффициентами детерминации (R^2), возрастает (таблица 2). Точность расчета урожайности ($\delta = 2,7$ т/га) с использованием математической модели (13), включающей основные агрохимические характеристики почвы и суммарную дозу внесения минеральных удобрений (G, K_2O, NPK, P_2O_5), сравнима с точностью определения урожайности при проведении учета урожая. Ошибка возрастает примерно в 1,5 раза.

При этом ожидаемое значение коэффициента детерминации при расчете по (13) составляет около 0,94, что удовлетворяет требованиям к точности математического моделирования, результаты которого можно успешно использовать в разработке информационных систем поддержки принятия решений при управлении аграрными технологиями.

Таким образом, прогнозную математическую модель урожайности (13), учитывающую только важнейшие агрохимические характеристики почвы и вносимые минеральные удобрения можно представить в упрощенном виде (при $a_G = a_{K_2O} = a_{NPK} = a_{P_2O_5} = 1,00$)

$$\frac{Y}{Y_{\max[4]}} = \left[1 - \left(\frac{G_{(opt)} - G}{G_{(opt)} - G_{(0)}} \right)^2 \right] \times \left[1 - \left(\frac{K_2O_{(opt)} - K_2O}{K_2O_{(opt)} - K_2O_{(0)}} \right)^2 \right] \times \left[1 - \left(\frac{NPK_{(opt)} - NPK}{NPK_{(opt)} - NPK_{(0)}} \right)^2 \right] \times \left[1 - \left(\frac{P_2O_5_{(opt)} - P_2O_5}{P_2O_5_{(opt)} - P_2O_5_{(0)}} \right)^2 \right]. \quad (17)$$

Заметим, что математическая модель (17), хотя и базируется на теоретической основе (2), но получена с привлечением эмпирических зависимостей (8–10), поэтому ее следует считать полуэмпирической. В таком случае результаты расчета будут справедливы в ограниченной области значений урожаяформирующих факторов и урожайности. Для определения граничных показателей используем методику, рекомендуемую при планировании эксперимента [18]. Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Граничные значения урожайности и урожаяформирующих факторов (допустимый интервал варьирования), которые следует учитывать в расчетах урожайности по формуле (13) для условий исследований

Показатели		Y _{изм.} , т/га	Агрохимические показатели почвы			NPK, кг д. в./га	Ср. сут. температур., °С	Атмосферные осадки, мм
			G, %	K ₂ O, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг			
Границы варьирования	min	35,6	3,40	314	310	300	15,1	121
	max	80,2	3,62	350	335	390	25,1	273
Основной уровень		57,9	3,51	332	332,5	345	20,1	197
Интервал варьирования		22,3	0,11	10	12,5	45	5	76
Область определения	min	24,5	3,35	310	304	278	13	83
	max	91,4	3,68	340	341	413	28	311

Заключение

Результаты полевых сортоиспытаний сахарной свеклы (гибрид NZ-тип) продолжительностью 13 лет (2011–2023 гг.), полученные на Молодечненской ГСХУ, наглядно подтверждают справедливость представленной обобщенной математической модели урожайности сельскохозяйственных культур. Поскольку данная модель является полуэмпирической, в расчетах по формулам (13), (17) следует учитывать не только опорные показатели математической модели (табл. 2), но и граничные значения урожайностей и урожаяеформирующих факторов (допустимый интервал их варьирования), приведенные в таблице 3. Статистические характеристики модели (13), и ее упрощенного варианта (17) зависят от объема выборки, а допустимый интервал варьирования урожайностей и численных значений каждого фактора определяется пределами их колебаний за многолетие (таблицах 1, 3).

Урожайность сахарной свеклы, возделываемой в условиях Молодечненской ГСХУ, можно прогнозировать с точностью $R^2 = 0,94$ в начале вегетационного периода по известным агрохимическим показателям почвы и вносимым удобрениям (гумус, K_2O , P_2O_5 , NPK). При этом результат расчета будет ориентировочно получен со среднеквадратическим отклонением значений прогнозируемой урожайности от фактической около $\pm 2,7$ т/га.

Поскольку предложенная математическая модель урожайности состоит из блоков, представленных в безразмерной форме, то согласно разъяснению академика А.М. Колмогорова блоки модели, относящиеся к каждому урожаяеформирующему фактору, являются критериями подобия. Это позволяет сравнивать между собой результаты математического моделирования урожайности любой сельскохозяйственной культуры на почвах с любыми агрохимическими свойствами, делая при этом вполне обоснованные выводы. Заметим, что такой анализ невозможно проводить с результатами расчета урожайности по формулам частных математических моделей урожайности сельскохозяйственных культур [9–15].

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность на 2021–2025 годы», подпрограмма «Плодородие почв и защита растений», задание 1.31 «Разработка шкалы оценки земельного риска возделывания сахарной свеклы в условиях Беларуси с учетом агрохимических свойств почв и влагообеспеченности вегетационных периодов».

Список цитированных источников

1. Математический энциклопедический словарь / гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М. : Сов. Энциклопедия. – 1988. – 846 с.
2. Мелиоративная энциклопедия : в 3 т. / гл. ред. А. В. Колганов; сост. академик Россельхозакадемии Б. С. Маслов. – М. : Росинформагротех – 2004. – Т. 2 (К–П). – 444 с.
3. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Сов. Энциклопедия – 1984. – 944 с.
4. Аверьянов, С. Ф. Некоторые математические модели системы «растение-среда» / С. Ф. Аверьянов, В. В. Шабанов // Физическое и математическое моделирование в мелиорации. – М. : Колос. – 1973. – С. 293–295.

5. Афанасик, Г. И. Моделирование процесса формирования урожая сельскохозяйственных культур / Г. И. Афанасик // Мелиорация торфяников и их сельскохозяйственное использование. – Вып. 3. – Минск : БелНИИМиВХ. – 1977. – С. 122–127.
6. Ромко, А. В. Обоснование водного и питательного режима мелиорируемых земель гумидной зоны с использованием интегрированной модели агрогеосистемы : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Ромко Алексей Викторович. – Москва, 2007. – 145 с.
7. Попов, В. А. Математическое выражение закона лимитирующего фактора и его приложение к задачам мелиоративного земледелия // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – № 2. – С. 30–34.
8. Механизация полива : справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова [и др.] – М. : Агропромиздат. – 1990. – 336 с.
9. Овчинников, А. С. Урожайность сладкого перца при капельном орошении / А. С. Овчинников, О. В. Бочарникова, Т. В. Пантюшина // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 45–47.
10. Акулинина, М. А. Капельное орошение огурца в сухостепной зоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.02 / Акулинина Марина Александровна. – Волгоград, 2010. – 23 с.
11. Шенцева, Е. В. Совершенствование агротехники выращивания баклажан при капельном орошении с использованием тоннельных укрытий для получения ранней продукции : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 : 06.01.02 / Шенцева Екатерина Викторовна. – Саратов, 2012. – 23 с.
12. Степуро, М. Ф. Применение методов математического моделирования при оценке систем удобрений и оптимизации минерального питания моркови столовой / М. Ф. Степуро // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 4. – С. 59–62.
13. Степуро, М. Ф. Научное обоснование агроприемов в интенсивных технологиях возделывания овощных культур в условиях Беларуси : автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук : 06.01.08 / Степуро Мечислав Францевич. – Жодино, 2013. – 51 с.
14. Дубенок, Н. Н. Малоинтенсивное дождевание столовой моркови : монография / Н. Н. Дубенок, А. С. Овчинников, А. А. Мартынова, С. А. Дусарь ; под общ. ред. Н. Н. Дубенка. – М. : Проспект, 2022. – 208 с.
15. Пенькова, Р. И. Ресурсосберегающие технологии возделывания моркови при капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук : 00.00.00 / Пенькова Раиса Ивановна. – Волгоград. – 2023. – 20 с.
16. Вахонин, Н. К. Концептуальные основы моделирования урожайности в системе принятия решений по регулированию водного режима / Н. К. Вахонин // Мелиорация. – 2014. – № 2 (72). – С. 7–15.
17. Вахонин, Н. К. Моделирование урожая в системе точного земледелия / Н. К. Вахонин // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 131–136.
18. Красовский, Г. И. Планирование эксперимента / Г. И. Красовский, Г. Ф. Филаретов. – Минск : Изд-во БГУ. – 1982. – 303 с.
19. Кане, М. М. Анализ исходных данных при статистической обработке результатов научных исследований : учеб. пособие / М. М. Кане. – Минск : Высшая школа, 2024. – 118 с.
20. Лихацевич, А. П. Использование физического принципа для построения экспериментальных математических моделей исследуемых процессов в мелиоративной науке / А. П. Лихацевич. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 6. – С. 30–36.
21. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М., Колос, 1996. – 367 с.
22. Васько, В. Т. Теоретические основы растениеводства / В. Т. Васько – СПб. : Прифи-Информ, 2004. – 200 с.
23. Пигорев, И. Я. О роли научных понятий в земледелии / И. Я. Пигорев, В. Н. Наумкин, А. В. Наумкин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 4–10.

References

1. Mathematical encyclopedic dictionary / Ch. ed. Yu.V. Prokhorov. – M.: Sov. Encyclopedia. – 1988. – 846 p.
2. Land reclamation encyclopedia / Ch. ed. A.V. Kolganov. Compiled by Academician of the Russian Agricultural Academy B.S. Maslov. – M.: FGNU “Rosinformagrotekh” – 2004. – T. 2 (K-P). – 444 p.
3. Physical encyclopedic dictionary / Ch. ed. A.M. Prokhorov. – M.: Sov. Encyclopedia – 1984. – 944 p.
4. Averyanov, S.F. Some mathematical models of the plant-environment system / S.F. Averyanov, V.V. Shabanov // Physical and mathematical modeling in land reclamation. – M.: Kolos. – 1973. – P. 293-295.
5. Afanasik, G.I. Modeling the process of crop yield formation / G.I. Afanasik // Reclamation of peatlands and their agricultural use. – Vol. 3. – Mn.: BelNIIMiVH. – 1977. – P. 122-127.
6. Romko A.V. Justification of the water and nutritional regime of reclaimed lands in the humid zone using an integrated agroecosystem model. – Abstract of dissertation. Ph.D. tech. Sciences / A.V. Romko. - Moscow. – 2007. – 26 p.
7. Popov, V.A. Mathematical expression of the law of the limiting factor and its application to the problems of reclamation agriculture // Melioration and water management. – 1997. – No. 2. – P. 30-34.
8. Irrigation mechanization: reference book / B.G. Shtepa, V.F. Nosenko, N.V. Vinnikova and others - M.: Agropromizdat. – 1990. – 336 p.
9. Ovchinnikov A.S. Productivity of sweet pepper under drip irrigation / A.S. Ovchinnikov, O.V. Bocharnikova, T.V. Pantyushina // Land reclamation and water management. – 2007. – No. 2. – pp. 45-47.
10. Akulinina, M.A. Drip irrigation of cucumber in the dry steppe zone of light chestnut soils of the Lower Volga region. – Abstract of dissertation. Ph.D. agricultural Sciences / M.A. Akulinina. - Volgograd. – 2010. – 23 p.
11. Shentseva, E.V. Improving agricultural technology for growing eggplants under drip irrigation using tunnel shelters to obtain early production. – Abstract of dissertation. Ph.D. agricultural Sciences / E.V. Shentseva. - Saratov. – 2012. – 23 p.
12. Stepuro M.F. Application of mathematical modeling methods in assessing fertilizer systems and optimizing mineral nutrition of table carrots / M.F. Stepuro // Earth-growing i Akhova raslin. – 2012. – No. 4. – P. 59-62.
13. Stepuro M.F. Scientific justification of agricultural practices in intensive technologies for cultivating vegetable crops in the conditions of Belarus - Abstract of thesis. Doctor of Agriculture Sciences / M.F. Stepuro. - Zhodino. – 2013. – 51 p.
14. Dubenok N.N., Ovchinnikov A.S., Martynova A.A., Dusar S.A. Low-intensity sprinkling of table carrots: a monograph under the general title. ed. N.N. Dubenka. – Moscow: Prospekt, 2022. – 208 p.
15. Penkova R.I. Resource-saving technologies for cultivating carrots under drip irrigation in the conditions of the Lower Volga region. – Abstract of dissertation. Ph.D. agricultural Sciences / R.I. Penkova. - Volgograd. – 2023. – 20 p.
16. Vakhonin, N.K. Conceptual basis for modeling yield in the decision-making system for regulating water regime / N.K. Vakhonin // Melioration. – 2014. – No. 2 (72). – P. 7-15.
17. Vakhonin, N.K. Modeling of yields in a precision farming system / N.K. Vakhonin // Melioration. – 2015. – No. 1 (73). – pp. 131-136.
18. Krasovsky, G.I., Filaretov, G.F. Experimental planning / G.I. Krasovsky, G.F. Filaretov. – Minsk: BSU Publishing House. – 1982. – 303 p.
19. Kane M.M. Analysis of source data for statistical processing of scientific research results: textbook / M.M. Kane. – Minsk: Higher School, 2024. – 118 p.
20. Likhatchevich, A.P. Using the physical principle to construct experimental mathematical models of the processes under study in land reclamation science / A.P. Likhatchevich. // Melioration and water management. – 2021. – No. 6. – P. 30-36.
21. Kiryushin V.I. Ecological foundations of agriculture / V.I. Kiryushin. – M., Kolos, 1996. – 367 p.

22. Vasko V.T. Theoretical foundations of crop production / V.T. Vasko – St. Petersburg: Prifi-
Inform, 2004. – 200 p.

23. Pigorev I. Ya. On the role of scientific concepts in agriculture / I. Ya. Pigorev, A. V. Naum-
kin, V. N. Naumkin [and others] // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2018. –
No. 1. – P. 4-10.

UDC

ПРЕДСКАЗАНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ КИБЕРПРЕ СТУПЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Лхагва Одончимег, доцент кафедры информационных сетей и безопасности,
доктор философии, MUST, Школа информационных и коммуникационных
технологий, Улан-Батор, Монголия, e-mail: odno@must.edu.mn*

Реферат

Фишинговые веб-сайты являются распространенным методом социальной инженерии, который имитирует внешний вид надежных (URL)-страниц. Например, злоумышленники часто используют фишинговые методы, направляющие пользователей на мошеннические сайты или прокси-серверы, через подделку или отравление Системы доменных имен (DNS). В данном исследовании был составлен обзор текущего состояния киберпреступности в мире и в Монголии, а также проведено исследование для определения уровня образования, возраста и пола киберпреступников. Для выявления фишинговых атак были проведены оценки характеристик данных и сравнительный анализ особенностей фишинговых веб-сайтов. Также была установлена взаимосвязь между характеристиками с использованием методов машинного обучения, основанных на сходстве. Затем был обучен модельный алгоритм на основе метода логистической регрессии. Для обучения модели использовались 80 % данных, а 20 % были использованы для тестирования, что позволило подтвердить возможность выявления фишинговых веб-сайтов по показателям Precision, Recall и F1. Эксперимент показал, что наилучшей характеристикой стала 29-я по счету, которая позволила модели выявлять фишинговые сайты с точностью 93 %. Эта модель теперь способна предсказывать фишинговые и нефишинговые сайты с высокой точностью. Затем с помощью матрицы ошибок было проверено, действительно ли логистическая регрессия предсказала 93 % правильных результатов. Результаты показали, что из 2000 проверенных данных \$ 950 + 930 = 1880 \$ были предсказаны верно, что подтверждает точность модели в 93 %.

Ключевые слова: фишинговая атака, логистическая регрессия, матрица ошибок.

CyBER CRIME

Cyber crime and phishing attack

In most countries of the world, illegal access to the system, illegal interception of data, illegal intervention, distribution of malicious means by illegal use of computers, online fraud, and data breach are considered cybercrime. It is very commonplace throughout the world [6].

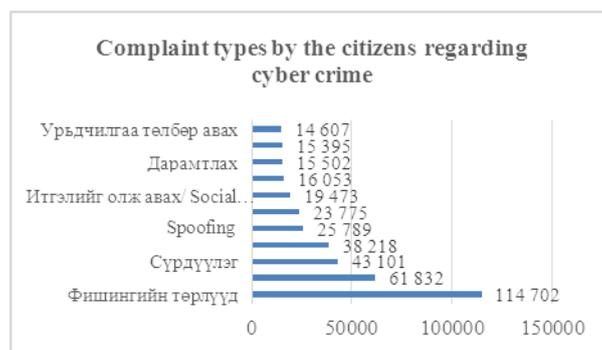


Figure 1 – Number of complaints and number of victims regarding cybercrime

Phishing is the attempt by individuals and by groups of people to obtain personal information of unsuspecting users by using social engineering techniques. In this, phishing emails are created that appear to be sent by the official organization or by familiar or known individuals. These emails offer to click the link of a fraud website which appears to be legitimate. Later, they ask users to provide personal information such as login into account name and password which in turn leads to further risk. Additionally, these fraud websites contain harmful codes.

Phishing websites are a popular method of social engineering which imitates web pages with authentic URLs proving its reliability. For instance, attackers mostly use phishing methods and means by stealing and harming domain name system and aim towards sites and proxy servers which cheat users.

Social engineering

Social engineering attack

In social engineering attacks, interaction of people (social skills) can be used to access or destroy the information about the organization or its computer system. Maybe, the attacker seems to be humble and respectable, or he acquaints himself as the new employee, repairman, or researcher, and even he offers credentials to support this identity. By asking questions, he can gather enough information to gain access to the organization's network. If the attacker does not gather enough information from one source, he will connect with another source of the organization and will gain trust based on the information gathered from the first source.

Phishing attack

Phishing is a form of social engineering. A phishing attack uses email or malicious websites to obtain personal information by posing as a trusted organization. For instance, the attacker can send an email to a reputable credit card company or financial organization requesting an account statement. Such an act mostly shows there is a problem. When users give the desired reply, attackers can use it to log into the account.

Vishing attack

Vishing attack is a social engineering method which supports voice communication. Confidential information can be disclosed by calling the user number through this method. It is possible to make advanced vishing attacks through voice over internet protocol resolutions (VoIP) and broadcasting services.

Smishing attack

Smishing is a form of social engineering which uses smile images when sending SMS or text messages. Text messages can contain links regarding web pages, email ad-

addresses, and phone numbers. Therefore, it is possible to call at the number, or to open email messages and browser windows automatically when click all the mentioned. Integration of emails, voice messages, and web browser functions which were created for the users increases the probability of becoming victims of malicious acts.

CURRENT SITUATION OF CYBERCRIME IN MONGOLIA

In 2020, Mongolia had 3,2 million active users of the internet.

That the citizens actively use systems such as Facebook, and Twitter whose servers are in foreign countries and which can't be directly regulated creates the risk for the citizens to become victims of crime and builds up the opportunity for those committing crime to conceal their illegal activities, to erase their tracks, and to change their images. [9].

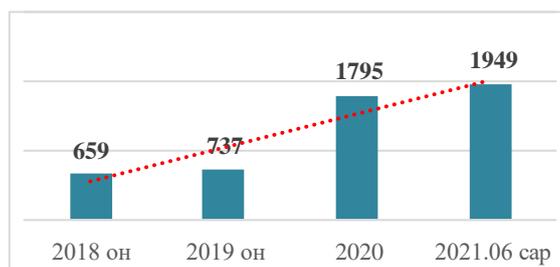


Figure 2 – Crimes committed online/ by dates/

Crimes committed online were compared by dates. They are as follows: 659 in 2018, 737 in 2019, 1795 in 2020, 1949 within 6 months of 2021. The average increase in 2018–2020 was 34,7 %.

A. Literature review in Mongolia:

There has been done many works regarding cybercrime by foreign volitional and professional LLM and JD researchers. Works concerned are quite rare in Mongolia. However, it is worth mentioning that recently there has been done research works and brochures by a few national researchers and respective organizations. For instance, the book “The feature of investigating the crime (cyber) regarding electronic information security” by T. Khaltar, PhD and expert in information security and cybercrime [2], research work “A detailed study on cybercrimes against electronic information security” [3]. In these works, the international definition of cybercrime and the current situation of cybercrime in Mongolia are compared. Also, in the book “Electronic law 2010” [4] by the lawyer L. Galbaatar, legal regulation in an electronic environment was compared with international best practices. In her research work “The study on the prediction of cybercrime through machine learning” L. Oyunchimeg, PhD, analyzed data attributes and did prediction by comparing machine learning correlation methods. In this sense, her work is the first among this type of research in Mongolia.

RESEARCH METHODOLOGY. MACHINE LEARNING

Machine learning is the technique that allows a computer to learn from its experience. In other words, machine learning is the automation of computer operation and the improvement of machine learning process based on its experience without any detailed programming and without any support by the humans.

Machine learning types:

They can be classified as below:

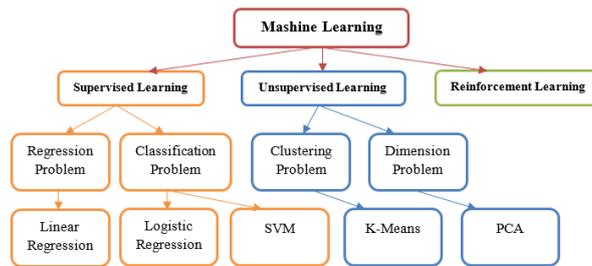


Figure 3 – Machine learning types

In this research work, we used methods of unsupervised machine learning.

B. Methods of supervised machine learning:

Pearson correlation

Correlation is the technique to analyze in detail the interdependence between numerical and irregular variables such as age and blood pressure.

Spearman correlation

It is nonparametric statistics, and its distribution doesn't depend on parameters. In most cases, nonparametric statistics evaluate data rather than real values, and it is related to Spearman correlation coefficient compared to Pearson correlation.

Kendall Tau correlation

It is very similar to the Spearman correlation coefficient. These 2 methods are nonparametric measures of correlation. Spearman and Kendall coefficients are calculated based on the ordered data rather than actual data. Like Pearson and Spearman correlations, Kendall Tau is always between -1 and $+1$. In this, -1 expresses a negative value between 2 variables and 1 indicates a positive correlation between 2 variables.

IV. DETECTION OF PHISHING ATTACK

A. Literature review regarding phishing detection

Since 2007, there have been published much research works which compared machine learning technique for predictive detection of phishing. In these works, several machine learning methods such as Logistic regression (LR), Classification and Regression trees (CART), Bayesian Additive Regression Trees (BART), Support Vector Machines (SVM), Random Forests (RF), Neural Networks (Net) were studied and compared their use regarding whether prediction was true. Since 2018, there has been done much research works using artificial intelligence techniques and it has become a very interesting research field.

B. Attributes to be phishing websites:

This research is concerned with defining the attributes of phishing websites and 10000 data gathered was classified. In this, there are 4 groups such as *Address Bar based Features*, *Abnormal Based Features*, *HTML and JavaScript based Features*, *Domain based Features*. Every group contains websites with 10–16 attributes.

V. EXPERIMENTATION PART

On Colab online platform, data was provided for machine to learn.

Data was first placed in Google drive => My drive folder, then imported the following to Colab.

Here, data will be read, some attributes of phishing websites will be evaluated, and specific attributes of phishing websites will be brought out. Next, csv placed in Google drive will be imported.

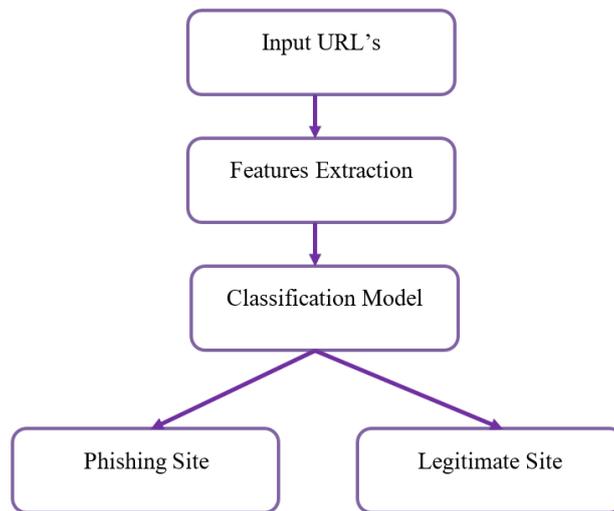


Figure 4 – Job sequence inserted into the machine

After the data was provided for machine to learn, the phishing site was labeled =1, and legitimate site was labeled =0.

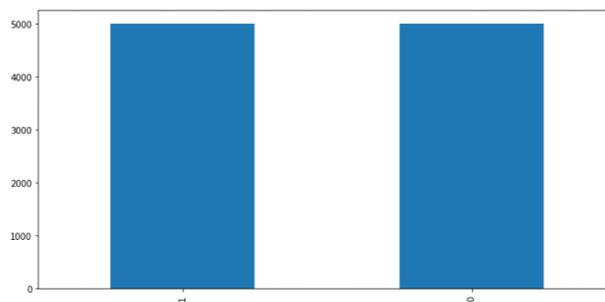


Figure 5. Comparison of phishing and non-phishing data

To identify whether it is phishing site from the attributes of dataset using 5 methods given below and to evaluate the prediction made through comparison:

- Spearman correlation
- Pearson correlation
- Cosine
- Kendall
- Mutual info

Then, every prediction made will be learned by machine using Logistic regression.

Evaluation by Spearman correlation:

In this, 4 correlation methods are used for comparison. This shows what functions have linear correlation when prediction was made by using only Spearman correlation.

If looking at the first 10 columns, it can be concluded that none of the features are strongly associated with labels. Although NumDash has significant negative effect on the labels which suggests that higher the number of dashes, the more likely it is a phishing site.



Figure 6 – Correlation heatmap of the first 0–10 columns

Regarding the next 20–30 columns, they still don't have any feature of strong correlation.

Columns 30–40

If looking at the heatmap below, there are several attributes that are linearly correlated to the dep variables.

- It shows that the higher the values of Insecure Forms, the more the probability for the site to be a phishing site.
- PctNull Self Redirect Hyperlinks shows positive correlation like Insecure Forms.
- Fequent Domain Name Mismatch shows there is mean linear correlation in positive direction.
- Submit Info to Email shows high probability for the sites which ask users to send their personal information by email to be phishing sites.

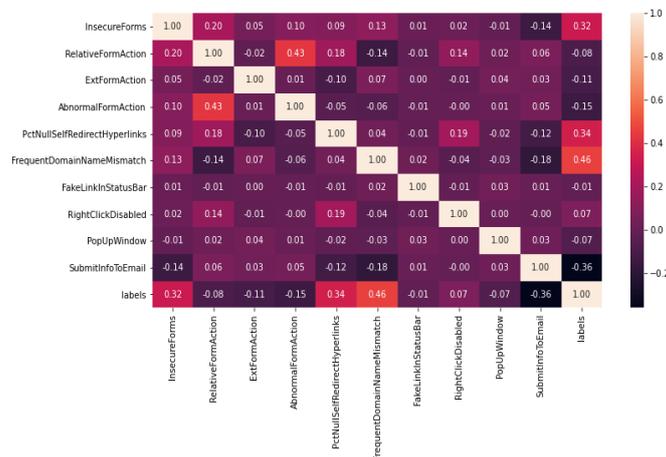


Figure 7 – Correlation heatmap of columns up to 30–40

Columns 40–50

In this group, the only column which can have some correlation with labels is PctExtNullSelfRedirectHyperlinksRT. It has a negative effect on labels and when the percentage of redirecting links is 0, the probability for the sites to be phishing increases.



Figure 8 – correlation heatmap of columns 40–50

The table below shows detection made through comparison of similar correlation methods.

TABLE 1 – COMPARISON RESULT OF CORRELATION METHODS

	Pearson	Kendall	Cosine similarity	Spearman
1 PctExtHyperlinks		0.46	0.67	0.5
2 PctExtResourceUlrts	0.46	0.41	0.67	0.5
3 PctNullSelfRedirectHyperlinks			0.5	0.3
4 NumNumericChars		0.4	0.55	
5 FrequentDomainNameMismatch	0.46	0.46	0.62	0.5
6 ExtMetaScriptLnkRT	0.5	0.46	0.46	0.5
7 NumDots	0.51			0.5
8 InsecureForms		0.32	0.74	0.3
9 PathLevel			0.78	
10 QueryLength			0.75	
11 UrlLength			0.87	0.4
12 IframeOrFrame			0.56	
13 NumQueryComponents	0.87	0.74	0.88	
14 PctExtResourceUlrRT		0.46		
15 HostnameLength			0.75	
16 AbnormalExtFormActionR	0.43	0.43	0.81	0.4
17 NumAmpersand		0.74	0.88	
18 RandomString		0.4	0.72	
19 ExtFavicon			0.5	
20 NoHttps			0.72	
21 DomainInSubdomains			0.66	
22 SubdomainLevelRT			0.81	
23 NumUnderscore			0.73	
24 ExtFormAction			0.48	
25 RelativeFormAction		0.43	0.53	
26 TildeSymbol			0.4	
27 SubdomainLevel	0.51	0.5	0.73	0.5
28 Numdashinhostname			0.5	
29 SubmitInfoToEmail			0.56	
30 UrlLengthRT	0.5		0.43	

Also, it displays that 30 attributes with high correlation were detected. It is clear from the data detection that methods as Cosine and Kendall are the best. Also, it shows that the following are the most important attributes:

- ✓ *PctExtHyperlinks*
- ✓ *PctExtResourceUrls*
- ✓ *FrequentDomainNameMismatch*
- ✓ *ExtMetaScriptLinkRT*
- ✓ *AbnormalExtFormActionR*
- ✓ *SubdomainLevel*.

Predicting phishing sites

First using Logistic regression, the machine will learn to predict whether it is a phishing site. Evaluation measures will be accuracy_score, precision_score, recall_score, f1_score.

A. For the machine to learn Logistic models

It aims to perform learning process by repetition using Logistic regression model. For the machine, it requires several top N attributes. In this, evaluation measures such as ACCURACY, PRECISION, RECALL, F1 SCORE will be used.

Repetition starts from 1. All 50 attributes will be learned by the machine to obtain the most appropriate numerical attribute.

	num_of_features	precision	recall	f1_score	accuracy
0	1	0.670000	0.396059	0.497833	0.5945
1	2	0.591054	0.364892	0.451220	0.5500
2	3	0.803408	0.599218	0.686450	0.7200
3	4	0.788251	0.584600	0.671321	0.7175
4	5	0.777215	0.609732	0.683361	0.7155
5	6	0.869671	0.735324	0.796875	0.8180
6	7	0.884615	0.883744	0.884179	0.8825
7	8	0.850997	0.824187	0.837377	0.8425
8	9	0.879771	0.911067	0.895146	0.8920
9	10	0.878704	0.924951	0.901235	0.8960
10	11	0.884030	0.933735	0.908203	0.9060
11	12	0.892857	0.923154	0.907753	0.9060
12	13	0.902724	0.927073	0.914736	0.9135
13	14	0.913876	0.924492	0.919153	0.9160
14	15	0.895257	0.912387	0.903741	0.9035
15	16	0.923077	0.924901	0.923988	0.9230
16	17	0.925854	0.925854	0.925854	0.9240
17	18	0.911650	0.923304	0.917440	0.9155
18	19	0.912916	0.929283	0.921027	0.9200
19	20	0.917599	0.920408	0.919002	0.9205

Figure 9 – Logistic regression result when data up to 1–20 was given to be learned

B. Logistic regression result

Logistic regression is the binary classification algorithm to make the probability for everything to be true or false. Logistic regression calculates logit function. This logit function is only the probability record of events.

This method is used to predict whether the website is phishing or legitimate based on the given model.

As shown, the model has increased and decreased during the learning process. In this, the most important was to obtain the best feature among all measures. Another thing to notice is the performance of machine for Recall value was inconstant. To select the best N for which our model has the least variation in Precision and Recall values, the 7th attribute was selected from all well-performing measures.

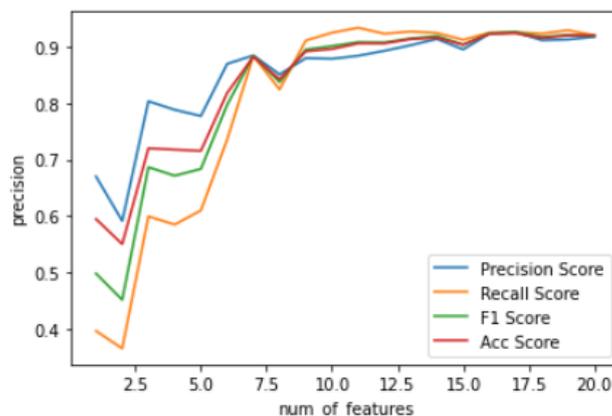


Figure 10 – Graph of Logistic regression result regarding the data 1–20

Learning will be continued through repetition starting from the 20th attribute to the 50th.
Learning result by Logistic regression regarding the data 20–50:

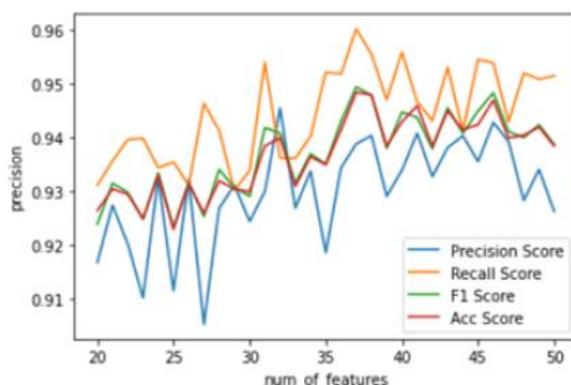


Figure 11 – Graph of Logistic regression result when data up to 20–50 was given to be learned

From the graph above, the 27th and 29th are N, the most appropriate attribute. In other words, it is better for the graph fluctuation regarding Precision and Recall measures to be less. Also, regarding whether it is a phishing site, the prediction at the 27th and 29th attributes was made correctly. It means that the machine detects phishing sites up to 93 %.

TABLE 2 – LOGISTIC REGRESSION RESULT

	Precision	Accuracy	Recall	F1 score
0	0,98	–	0,98	0,98
1	0,98	–	0,98	0,98
Logistic regression	0,93	0,93	0,93	0,93

That this Logistic regression model can now predict up to 93 % with 93 % accuracy, and 93 % recall proves high capability of this model to predict phishing and non-phishing sites. Now this prediction can be checked by Confusion matrix.

Model evaluation and error calculation

It is important to use independent verification and performance measures when using certain methods and techniques in machine learning. It cannot be said that the model will work best regarding unprecedented data after machine learns to process the dataset. Validation is the process of deciding whether quantitative results measuring the predicted correlation between variables is acceptable as a description of data.

Confusion matrix

There was an attempt to prove the results in machine learning by Confusion matrix.

Confusion matrix is N x N matrix which is used to evaluate classification model performance and N is the number of target classifications. Matrix compares actual target values with predicted values by machine learning model. It is possible to check in detail how well the classification model works, what types of errors it makes.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$$

Precision is concerned with how many cases among those predicted correctly are positive.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

Recall shows how many of the actual positive cases the model correctly predicted.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN}$$

In practice, when F1 Score tries to increase Model precision, Recall can decrease or increase. It is because Precision and Recall have harmonic mean values, there is common understanding regarding these two measures.

$$\text{F1 Score} = \frac{2}{\frac{1}{\text{Recall}} + \frac{1}{\text{Precision}}}$$

Now prediction up to 93 % at the 29th attribute will be checked by Confusion matrix.

```

[[950 60]
 [ 60 930]]
Performance for Logistic Model with Top 28 features is precision :
[[919 77]
 [ 51 953]]
Performance for Logistic Model with Top 29 features is precision :
[[893 79]
 [ 80 948]]
Performance for Logistic Model with Top 30 features is precision :

```

If looking at Confusion matrix results, 2000 data was tested and it proves that 950/60, 60/930 and sum of these are 2000. Because the learning at the 29th attribute started from 0, it can be seen as the 28th attribute. At the 29th attribute, prediction was done up to 93 % and it is proved by Confusion matrix.

		ACTUAL VALUES	
		ЭЕРЭГ	СӨРӨГ
PREDICTED VALUES	ЭЕРЭГ	950	60
	СӨРӨГ	60	930

True positive (TP)- from actual 2000 attributes, 950 were positive and this model predicted 950 positive attributes.

True negative (TN)- from actual 2000 attributes, 930 were negative and this model predicted 930 negative attributes.

False positive (FP)- from actual 2000 attributes, 60 were negative, but the model falsely predicted 60 attributes as positive.

False negative (FN)- predicted values were predicted falsely. Of the actual 2000 attributes, 60 were positive, but the model falsely predicted 60 attributes as negative.

From the above, it is clear when checking 2000 data by Confusion matrix, prediction was correct as given $950 + 930 = 1880$. That logistic regression model predicted up to 93 % without any error was proved as true.

CONCLUSION

This research is concerned with the following:

✓ There was included the literature review regarding how cybercrime is at an international level by studying research works concerned.

- ✓ Quantitative indicators have been brought out through comparison by analyzing the current situation of cybercrimes in Mongolia.
- ✓ Literature review was done regarding cybercrime in Mongolia.
- ✓ A study was done to determine the education level, age, and gender of those committing cybercrimes.
- ✓ Machine learning methods and techniques were studied and compared.
- ✓ The review was written through the study on phishing attack as the main representative of social engineering.
- ✓ Data attributes were evaluated to detect phishing attack. In this, specific features of phishing sites were brought out using Pearson, Spearman, Kendall, and Cosine methods.

Based on Logistic regression method, model was learned by the machine. 80 % of data was provided for the machine to learn, and 20 % was experimented. It has been proved that the use of indicators such as Precision, Recall, F1 to detect phishing websites are highly possible.

From the experiment, it is obvious that attribute 29 is N- a very appropriate attribute. It means learning machine detects phishing sites by 93 % when processing the 29th attribute. The less the graph fluctuation regarding Precision and Recall measures is, the better it would be, and prediction of phishing sites was true. On the other hand, machine detects phishing sites when processing the 29th attribute.

This model can now predict up to 93 % and it proves that it has high capability to predict phishing and non-phishing sites.

References

1. Khaltar, T. Feature of investigating cybercrimes against electronic information security / T. Khaltar. – Ulaanbaatar, 2019.
2. Khaltar, T. A deep analysis on cybercrimes against electronic information security / T. Khaltar. – Ulaanbaatar, 2019.
3. Galbaatar, L. Electronic law / L. Galbaatar. – Ulaanbaatar, 2010.
4. Zolzaya, D. Artificial intelligence and machine learning : student book / D. Zolzaya. – CRC Press. – 2021. – 154 c.
5. Odonchimeg, L. Determining whether the weather fluctuations affect cybercrime in Mongolia by using deep learning methods / L. Odonchimeg : the review of research work : International conference, 2021. – ICT 100.
6. United Nations / Comprehensive Study on Cybercrime. – 2013. – URL: <https://www-unodc.org.translate.google/unodc/en/organized-crime/comprehensive-study-on-cybercrime.html> (date of access: 21.10.2024).
7. United Nations / Cybercrime study. – 2013. – URL: https://www.unodc.org/documents/organized-crime/unodc_ccpcj_eg.4_2013/cybercrime_study_210213.pdf (date of access: 21.10.2024).
8. International Telecommunication Union (ITU) / Understanding Cybercrime. – 2014
9. Statistical news. General police department. – URL: <http://police.gov.mn/as/static> (date of access: 21.10.2024).
10. National Cyber Security Index (NCSI). – URL: <https://ncsi.ega.ee/> (date of access: 21.10.2024).
11. Council Of Europe. Convention on Cybercrime. [Budapest. November, 2001]
12. <http://techcarpenter.blogspot.com/2017/07/machine-learning-explained.html>
13. <https://medium.com/datadriveninvestor/an-introduction-to-clustering-61f6930e3e0b>
14. <https://www.congress.gov/bill/113th-congress/senate-bill/2521/text>
15. <http://www.arcyber.army.mil/>
http://www.dpr.gov.id/dokjdih/document/uu/UU_2006_23.pdf

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С ИНФОРМАЦИЕЙ, PR И РЕКЛАМОЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*С. А. Ляпин, д. т. н., доцент, профессор кафедры управления автотранспортом,
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия,
e-mail: lyapinserg2012@yandex.ru*

*Д. В. Капский, д. т. н., профессор, профессор кафедры транспортных систем
и технологий, Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Беларусь, e-mail: d.kapsky@gmail.com*

*А. С. Ляпина, студентка факультета журналистики, Московский
государственный институт культуры, Москва, Россия,
e-mail: lyapina200244@gmail.com*

Реферат

В условиях значительно увеличившегося информационного потока и высокой конкуренции в медийном пространстве вопросы эффективного использования информации, PR и рекламы приобретают ключевое значение для успешного функционирования СМИ. Именно мнение и информированность аудитории о том или ином продукте способна определить его успех на рынке и востребованность у потребителей. В настоящее время нейросети становятся важным помощником в медиаиндустрии. Технологии искусственного интеллекта стремительно завоевывают профессиональное поле и становятся полноценным инструментом для выполнения широкого круга задач, связанных с журналистикой, в части обработки информации. Интеграция современных технологий ИИ в PR-процессы и рекламу может значительно повысить результативность деятельности в области обработки и представления информации, помогая медийным компаниям быть более конкурентоспособными и успешными на рынке.

Ключевые слова: информация, PR, искусственный интеллект, нейросети, журналистика, медиапространство.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORKING WITH INFORMATION, PR AND ADVERTISING THROUGH THE USE OF MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

S. A. Lyapin, D.V. Kapski, A. S. Lyapina

Abstract

In the context of a significantly increased information flow and high competition in the media space, the issues of effective use of information, PR and advertising are becoming key to the successful functioning of the media. It is the opinion and awareness of the audience about a particular product that can determine its success in the market and demand from consumers. Currently, neuro networks are becoming an important assistant in the media industry. Artificial intelligence technologies are rapidly

conquering the professional field and becoming a fully valuable tool for performing a wide range of tasks related to journalism in terms of information processing. The integration of modern AI technologies into PR-processes and advertising can significantly increase the effectiveness of information processing and presentation activities, helping media companies to be more competitive and successful in the market.

Keywords: information, PR, artificial intelligence, neural networks, journalism, media space.

Введение

Работа с информацией, умение выстроить грамотный PR и успешно использовать потенциал рекламы – все это неотъемлемые навыки для современного журналиста любого из средств массовой информации. Три названных элемента тесно связаны друг с другом, оказывают значительное влияние на формирование контента, восприятие конкретного бренда аудиторией и, в конечном счете, на эффективность функционирования медиа. Понимание специфики и методики использования информации, PR и рекламы в СМИ имеет важное значение для эффективного управления медиаресурсами, влияет на качество журналистской работы сотрудников издания, восприятия обществом его и публикуемых в нем данных.

Технологии искусственного интеллекта стремительно завоевывают профессиональное поле и становятся полноценным инструментом для выполнения широкого круга задач, связанных с журналистикой, в части обработки информации. При этом, в широком обиходе часто упоминают ИИ в негативном контексте, указывая на опасность для мышления человека, для привычных инструментов и методов работы, а также для рабочих мест, наконец. Тем не менее, мировой рынок технологий ИИ растет стремительно. По некоторым прогнозам, в 2028 году он достигнет \$137,5 млрд [Королев, 2019]. По данным правительства, в России рынок ИИ к 2025 году достигнет 1 трлн. руб. По данным компании Яндекс, в обозримой перспективе рынок ИИ будет расти двузначными темпами, порядка 20–30 % в год.

Интеграция современных технологий ИИ в PR-процессы может значительно повысить результативность деятельности в области обработки и представления информации, помогая медийным компаниям быть более конкурентоспособными и успешными на рынке.

В условиях значительно увеличившегося информационного потока и высокой конкуренции в медийном пространстве вопросы эффективного использования информации, PR и рекламы приобретают ключевое значение для успешного функционирования СМИ. Именно мнение и информированность аудитории о том или ином продукте способны определить его успех на рынке и востребованность у потребителей. Данная тема, несмотря на обширность научной базы в сфере журналистики, остается малоизученной. Из-за появления новых тенденций и технологий в медиасреде, изменчивости интересов аудитории исследования данной сферы довольно быстро теряют актуальность, что требует появления новых материалов для более глубокого понимания и осмысления путей повышения эффективности работы журналистов.

Основная часть

Современные технологии искусственного интеллекта в работе с информацией в PR и рекламе

Современное медийное пространство состоит из огромного потока информации, скорость которого, благодаря новым источникам информации, социальным сетям и способам распространения новостей только растет. Так, журналист в наше время обязан понимать общую систему работы в рамках данных условий, ведь именно это поможет ему успешно вести свою деятельность и оставаться на слуху. Для полноценного и глубокого изучения того, каким образом происходит работа с информацией в СМИ, как именно журналисты используют в своих целях PR и рекламу, важно понять эти явления как таковые, разобрать, что из себя представляет каждое из них.

Термин «информация», в понимании А. В. Толоконниковой, может быть определен как «совокупность данных или сведения об окружающем мире, процессах, предметах и явлениях» [1]. Так, информацией являются конкретные факты о чем-либо в нашем окружении, которые воспринимает человек тем или иным образом, получая тем самым знания о мире.

Говоря о важности информации в целом, нельзя не отметить, что именно она обеспечивает сознательное существование человечества, формирует жизнь в той форме, в которой мы можем ее наблюдать. Любые коммуникативные системы и структуры, существующие в любом обществе, определяются информацией, передачей знаний от человека к человеку. Именно то, что человек способен к анализу и генерированию информации, является одним из основных критериев, отличающих человека от животного мира.

Являясь основой любой человеческой коммуникации, информация становится и основой журналистики как таковой. Информация в СМИ должна быть достоверной, актуальной и интересной для той аудитории, которую хочет привлечь издание. Так, журналистская информация может быть описана в виде специальной информации, которая была обработана и подана специальным образом для того, чтобы поступить аудитории в более облегченном для восприятия и воздействия на данную аудиторию виде.

Специалистами, работающими с информацией, для повышения эффективности, оптимизации рабочих процессов и отбора наиболее ценной информации, при принятии решений используются инструменты искусственного интеллекта – технологии, которые позволяют машинам выполнять задачи, обычно требуют человеческого интеллекта и используют алгоритмы машинного обучения для обучения на основе данных и улучшения своей производительности с течением времени.

Одной из ключевых технологий ИИ можно назвать технологию озвучивания информации чат-ботами и виртуальными помощниками, способными интерпретировать человеческую речь, классифицировать ее и отвечать в разговорном тоне согласно обучаемому алгоритму. Это упрощает взаимодействие людей с машинами и позволяет быстро решать их вопросы.

Следует отметить, что ИИ способен обучаться быстрее, а иногда и лучше, чем люди, обрабатывая огромные объемы данных, выявлять закономерности и

делать прогнозы в режиме реального времени, что делает их очень эффективными в решении сложных задач.

Важным преимуществом ИИ является его способность адаптироваться к шаблонам, корректируя свои действия в соответствии с выбранным из обширной базы примером.

Таблица 1 – Наиболее часто используемые инструменты ИИ

Название инструмента	Назначение, способности ИИ в инструменте
ChatGPT	Позволяет более эффективно создавать привлекательный контент для PR, маркетинга и социальных сетей, способен генерировать текст из существующих в базе источников и улучшать его, анализировать данные для оценки эффективности
Midjourney	Предназначено для создания изображений на основе текстовых описаний. Способно обрабатывать и анализировать большие объемы информации, что делает его одним из самых предпочтительных инструментов для создания изображений
Synthesia	Позволяет создавать высококачественные видео или контент без дорогостоящего оборудования и обширных технических знаний, экономя деньги на камерах, редакторах и актерах
Jasper AI	Позволяет эффективно генерировать и персонализировать контент для своих компаний с использованием алгоритмов обработки естественного языка
Determ	Позволяет получать обратную связь при работе с информацией, PR и рекламой, прослушивая социальные сети, включая блоги, новостные сайты, форумы. Анализирует конкурентов, мониторит рекламные кампании. Предлагает помощника на основе ИИ по имени Synthia, которая не только резюмирует любую тему, но и оперативно определяет основные концепции и тренды
Sprinklr	Может создавать и распространять контент, администрировать и мониторить социальные сети, обслуживать клиентов, управляя взаимоотношениями с клиентами, а также анализировать и измерять веб опыт. Предоставляет мощные аналитические инструменты для отслеживания эффективности маркетинговых компаний в реальном времени и принятия обоснованных решений
Brandwatch	Используется для мониторинга и анализа упоминаний бренда в сети Интернет, на обширном спектре платформ включая Facebook, YouTube и Twitter. Осуществляет компактный анализ текстовых и визуальных данных, представленных на различных веб-сайтах и социальных медиа, с целью выявления и интерпретации общественного мнения о бренде для PR агентств. Представляет ценные аналитические данные, способствующие эффективному планированию контента и созданию материалов, которые максимально соответствуют ожиданиям и предпочтениям целевой аудитории
Salesforce Einstein	Предоставляет всесторонний анализ клиентов, опираясь на их текущие модели поведения, предлагает обширные возможности автоматизации
Ellie	Облегчает работу с клиентами как помощник-ассистент по электронной почте, анализируя стиль письма пользователя и генерируя ответы, которые кажутся написанными им самим. Этот инструмент доступен в виде расширения для Chrome или Firefox и совместим с Gmail
Hemingway Editor	Позволяет ускорить и упростить работу с информацией для создания текстов, автоматизирует процесс редактирования, выявляя и исправляя грамматические ошибки и опечатки. Кроме того, инструмент улучшает читаемость текста, преобразуя сложные предложения в более простые и понятные формулировки

Продолжение таблицы 1

Название инструмента	Назначение, способности ИИ в инструменте
DeepL Translate	Обеспечивает взаимодействие с международной аудиторией, точно переводя тексты и документы на множество языков
Otter AI	Обеспечивает упрощения процесса обработки аудиозаписей встреч и интервью, преобразуя ее в текстовый формат, предоставляет функцию автоматического создания резюме текстовых заметок, что способствует экономии времени на их тщательном анализе. Программное обеспечение интегрируется с популярными платформами для видеоконференций, такими как Zoom и Google Meet
Canva	Помогает оптимизировать коммуникационные процессы в сфере связей с общественностью, позволяет создавать визуально привлекательные элементы для распространения информационных сообщений и новостей, используя обширную библиотеку изображений и шрифтов
Hints	Позволяет оптимизировать задачи и повысить эффективность рабочего процесса, функционируя как цифровой ассистент, который упрощает управление связями с общественностью, организовывать задачи, расписание и важную информацию на единой платформе исключая необходимость ручного набора текста и тем самым повышая производительность
Looka	Позволяет пользователям разрабатывать эстетически привлекательные логотипы и фирменные элементы без глубоких знаний в области дизайна

Понятие PR (Public Relations – англ. «общественные отношения») – имеет множество разнообразных значений и трактовок в связи со своей новизной [2]. Исследователь Рекс. Ф. Харлоу в своих работах обобщает многие существующие с начала XX века определения в сфере журналистики и создает свое: «PR – особая функция управления, призванная устанавливать и поддерживать взаимосвязи, взаимопонимание, взаимопризнание и сотрудничество между организацией и ее публикой, осуществлять управление процессом разрешения проблем или спорных вопросов, помогать руководству в изучении общественного мнения и реагировании на него, определять и подчеркивать ответственность руководства в вопросах служения общественным интересам, помогать руководству эффективно изменяться в соответствии с требованиями времени, выступать системой заблаговременного предупреждения, помогая предвидеть тенденции развития, в качестве своих основных средств использовать научные методы, основанные на этических нормах общения» [3]. Еще одним определением PR в медиа является данное С. Катлип, А. Сентер и Г. Брум. Исследователями была предложена следующая трактовка: «PR – это функция управления, способствующая налаживанию или поддержанию взаимовыгодных связей между организацией и общественностью, от которой зависит ее успех или неудача» [4]. Так, можно сказать о том, что многие исследователи говорят о PR именно как о функции управления, благодаря которой выстраиваются и поддерживаются конкретные взаимоотношения и связь между общественностью, целевой аудиторией какого-либо продукта и его создателями, организацией или конкретным СМИ.

В PR существует две группы, выделенные посредством места в процессе информационного воздействия. Ими являются субъекты и объекты PR-деятельности. Субъектом этого процесса предстают те личности, службы или организации,

которые обладают определенными знаниями, навыками и умениями. Их прямая задача – осуществление связей и отношений с общественностью. Объектом же является та сторона процесса, на которую направлено данное воздействие.

Главной задачей PR является формирование и последующее поддержание положительного имиджа компании, СМИ или иной организации среди ее аудитории, как уже имеющейся, так и той, что относится к категории целевой аудитории, но еще не знает о самом бренде.

Таким образом, PR – это неотъемлемая часть современного диалога любой организации или СМИ с обществом.

Говоря о продвижении организации в СМИ и медиaprостранстве, нельзя не затронуть такое понятие как «реклама». Сама рекламная информация представляет собой факты о товаре или услуге, которые являются значимыми для потребителя. Именно она формирует то, как покупатель отнесется к товару и побуждает его к совершению покупки или переходу по ссылке, если речь о рекламе сервиса или издания в медиaprостранстве [5]. Таким образом, реклама выполняет ряд важных функций в обществе, определяет положение бренда в медиасреде, становится важным элементом стратегии развития конкретного бренда. Она стимулирует экономический рост, устанавливает коммуникацию между производителем и потребителем и влияет на социальные нормы и ценности.

Информация, PR и реклама играют ключевую роль в современной деятельности СМИ и развитии в медиaprостранстве. Эти взаимосвязанные концепции формируют восприятие и поведение людей, направляя их мысли и действия. Эффективное управление информацией, грамотное использование PR-инструментов и продуманная рекламная стратегия становятся основополагающими конкурентными преимуществами для любого СМИ, организации или иного бренда в момент работы над его положением в глазах целевой аудитории. Понимание сущности и взаимосвязи этих понятий, а также овладение навыками их эффективного применения, становится фактором успеха в журналистской деятельности нашего времени.

Проанализировав историческое развитие сферы PR и рекламы в России, можно сделать ряд важных выводов. Прежде всего, очевидна тесная взаимосвязь и взаимовлияние данных областей коммуникации. Развитие рекламы в России стало хорошей и обширной базой для дальнейшего зарождения и развития PR в отечественном пространстве.

Вместе с тем, несмотря на трансформации, PR и реклама в России сохраняли ключевую роль в продвижении брендов, организаций и средств массовой информации. Они заняли важное место в формировании общественного мнения и управлении репутацией. Российские компании и организации затратили множество усилий на адаптацию и внедрение передовых западных практик в российское медиaprостранство с учетом особенностей целевой аудитории, развития и эволюции российского медиaprостранства.

Современные медиа представляют собой динамичное и очень обширное пространство, которое находится в постоянном развитии. Специалисты рекламы и PR, таким образом, имеют широкие возможности для реализации своей

деятельности. Стремительное развитие цифровых технологий и социальных сетей кардинально трансформировало медиaprостранство – появились новые каналы и возможности взаимодействия с целевой аудиторией, необходимость знания специфики различных медиаплатформ, их возможностей и ограничений, запроса с которым пользователи открывают различные социальные сети. Грамотное использование разнообразных PR и рекламных инструментов, адаптированных под особенности каждой платформы и ее направленности, позволяет организациям эффективно доносить свои сообщения до целевых аудиторий, формировать конкретные имидж и репутацию, повышать спрос и интерес к организации.

Говоря о рекламе в медиaprостранстве, необходимо отметить, что ее форма и подача несколько отлична от иных каналов трансляции, будь то печатные СМИ, теле- или радиореклама. Так, основными видами рекламы в медиа является следующий перечень, отражающий также и инструменты, которые используют специалисты в процессе работы над созданием каждого из данных видов [6].

- Баннер. Такая реклама представляет собой иллюстрацию или фото, нередко, с содержанием рекламного текста или иных зазывающих надписей. Данный вид рекламы может включать в себя анимацию, или же заключать в себе ссылку – такой формат позволяет через одно нажатие на любую часть баннера перейти к источнику информации.

- Текстo-гpафический блок. Такой вид рекламы состоит из нескольких областей: текста, гpафического изображения и ссылки. Чаще всего эти элементы остаются отделены друг от друга, хоть и относятся к рекламе того же объекта.

- Аудио-звуковая реклама. Подобная реклама чаще всего встречается на платформах с видео или аудио контентом (стриминговые сервисы, платформы для прослушивания музыки или подкастов) и проигрывается до начала открытого ролика или же в середине в качестве рекламных пауз.

- Видеореклама. Намеренно созданный рекламный ролик различной длительности и опубликованный в социальных сетях для продвижения продукта.

- Брендированная страница. Страница или же сайт, созданные с целью продвижения бренда и оформленные в его фирменном стиле для привлечения внимания аудитории.

Важно отметить, что в процессе работы над медийной рекламой чаще всего используется множество графических элементов, яркая и привлекающая глаз цветовая палитра, а также громкие и цепляющие заголовки или предложения. Часто можно встретить рекламу с промо-акциями или промокодами, переход по которой сразу же дает клиенту возможность получить какой-либо товар или услугу со скидкой. Так, главной целью медиарекламы становится привлечение зрителя к конкретному предложению среди десятков окружающих, которые также можно встретить на просторах сети.

К инструментам PR в медиaprостранстве можно отнести:

- пресс-релизы и пресс-конференции;
- видеонoвостные релизы;
- программы финансовых взаимодействий;
- программы отраслевых отношений;

- программы связей с общественностью;
- специализированная деятельность по организации и проведению мероприятий;
- показы, выставки, презентации и др.

Важно отметить, что сама стратегия рекламы и PR в медиaprостранстве у различных компаний может сильно отличаться друг от друга. Пока одни пиар-менеджеры будут стремиться поддержать благотворительные инициативы и получить аудиторию путем публикации информации о положительной деятельности организации, другие предпочтут «черный пиар». То же касается и взаимодействия с аудиторией, что особенно актуально в период развития социальных сетей – так, бренд нередко становится намного ближе своей аудитории, чем можно было себе представить раньше.

PR и реклама в медиaprостранстве играют в продвижении брендов очень важную роль. В эпоху цифровых технологий возможности для эффективного продвижения товаров и услуг в современном мире значительно расширились, так что грамотно выстроенная PR-стратегия и продуманная рекламная кампания способны привлечь внимание целевой аудитории, повысить узнаваемость и лояльность потребителей, что в наше время как никогда сказывается на общем успехе деятельности организации в глазах аудитории.

Взаимодействие пресс-служб со средствами массовой информации является ключевым аспектом в формировании общественного мнения и продвижении интересов конкретных организаций. Пресс-службы играют важную роль в обеспечении прозрачности деятельности компаний, государственных органов и других структур, а также в предоставлении информации о событиях, проектах и инициативах конкретного бренда или автора.

В современном мире, где информация становится все более доступной и разнообразной, а также часто требуется подтверждение ее достоверности, взаимодействие пресс-служб и СМИ приобретает новые формы и особенности. В этом контексте важно понимать специфику такого взаимодействия как со стороны СМИ, так и со стороны пресс-службы.

Само понятие пресс-службы представляет собой специализированный отдел внутри структуры как коммерческой компании, так и учреждения в юрисдикции государства, основная задача которого – взаимодействие со СМИ и медиа в целом. Так, главные функции пресс-службы – информирование общества и целевой аудитории о каких-либо новинках и изменениях, а также поддержание имиджа организации в глазах аудитории.

Таким образом, пресс-служба становится прямым связующим звеном между организацией и общественным информационным пространством. Именно работники пресс-службы определяют то, как в медиаполе будет представлена организация, какое впечатление о себе оставит и какие рекламные ресурсы использует для продвижения себя на рынке. Также качественная работа пресс-службы – это стремление избежать возможных конфликтов и скандалов, в которых могут быть задействованы работники организации или организация в целом.

Пресс-служба должна стремиться предоставить СМИ необходимую информацию о деятельности организации, а также оперативно реагировать на запросы

журналистов, не оставлять их без ответа, вести здравый диалог. В свою очередь, СМИ должны быть готовы к объективному освещению событий и соблюдению этических норм по отношению как к сотрудникам пресс-служб, так и к членам организации. Одним из ключевых аспектов успешной коммуникации является прозрачность и открытость. Пресс-службы должны предоставлять журналистам достоверную и актуальную информацию, которая будет способствовать формированию объективного представления о деятельности организации.

Заключение

Информация представляет собой базовый элемент журналистики и играет ключевую роль в деятельности любого из существующих СМИ. Именно информация лежит в основе всех медиаматериалов, публикаций, так как выступает в качестве важнейшего ресурса, что позволяет удовлетворять информационные потребности аудитории.

В настоящее время нейросети становятся важным помощником в медиаиндустрии. Специалистам, работающим с информацией для повышения эффективности, оптимизации рабочих процессов и отбора наиболее ценной информации при принятии решений необходимо использовать инструменты искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект позволяет более эффективно создавать привлекательный контент для PR, маркетинга и социальных сетей, способен генерировать текст из существующих в базе источников и улучшать его, анализировать данные для оценки эффективности. Он может использоваться для создания изображений на основе текстовых описаний, способен обрабатывать и анализировать большие объемы информации, что делает его одним из самых предпочтительных инструментов для создания изображений и контента.

Информация, PR и реклама при поддержке ИИ играют ключевую роль в функционировании современных средств массовой информации. Каждый из этих элементов обладает своими особенностями, требует соблюдения определенных методик и стандартов для успешной специализированной деятельности. Комплексное и грамотное использование информации, PR и рекламы позволяет СМИ эффективно решать свои задачи по информированию, образованию и привлечению аудитории, а также по формированию общественного мнения.

Список цитированных источников

1. Журналистика и медиа : учеб. пос. по специальному курсу / под ред. А. В. Толоконниковой. – М. : МГУ, 2023. – С. 240.
2. Канзычакова, Д. Д. Понятие и сущность PR / Д. Д. Канзычакова // Вестник Хакасского гос. ун-та им. Н. Ф. Катанова. – 2017. – № 21. – С. 53–56.
3. Королько, В. Г. Основы паблик рилейшнз. – М., Рефл-бук, 2000. – С. 528.
4. Кузнецов, В. Ф. Связи с общественностью. Теория и технологии : учебник для вузов. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 302 с.
5. Макушева, О. Н. Место рекламы в системе массовых коммуникаций / О. Н. Макушева, М. И. Гаглоева // Молодой ученый. – 2020. – № 3 (293). – С. 390–391.
6. Рубцова, Н. В. Нейросети в медиа: возможности, проблемы, перспективы для будущих медиаспециалистов / Н. В. Рубцова // Вопросы теории и практики журналистики. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 156–171. – DOI 10.17150/2308-6203.2024.13(1).156-171.

7. Карпович, Э. М. Автоматизация работы SMM-специалистов с помощью искусственного интеллекта / Э. М. Карпович // PR и реклама: традиции и инновации. Связи с общественностью: смыслы и технологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 20 апр. 2023 г. – Красноярск, 2023. – С. 252–254.

8. Бейненсон, В. А. Применение генеративных нейросетей в журналистике: проблемы и перспективы / В. А. Бейненсон // Динамика медиасистем. –2023. – Т. 3, № 1. – С. 352–359.

9. Искусственный интеллект в российских медиа и журналистике: к дискуссии об этической кодификации / М. М. Лукина, А. В. Замков, М. А. Крашенинникова, Д. Ю. Кульчицкая // Вопросы теории и практики журналистики. – 2022. – Т. 11, № 4. – С. 680–694. – DOI 10.17150/2308-6203.2022.11(4).680-694.

10. Strasser A. Distributed Responsibility in Human-Machine Interaction / A. Strasser // AI and Ethics. – 2022. – Vol. 2, no. 3. – P. 523–532. – DOI 10.1007/s43681-021-00109-5.

11. Towards Responsible Media Recommendation / M. Elahi, D. Jannach, L. Skjærven [et al.] // AI Ethics. – 2022. – Vol. 2, no. 1. – P. 103–104. – DOI 10.1007/s43681-021-00107-7.

12. Hagendorff, T. The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines / T. Hagendorff // Minds and Machines. – 2020. – Vol. 30, no. 1. – P. 99–120. – DOI 10.1007/s11023-020-09517-8.

References

1. Zhurnalistika i media: Ucheb. pos. po special'nomu kursu / pod red. A.V. Tolokonnikovoj. – М.: MGU, 2023. – S. 240.

2. Kanzychakova D.D. Ponjatie i suwnost' PR // Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. F. Katanova. – 2017. – №21. – S. 53-56.

3. Korol'ko V.G. Osnovy publik rileyshnz. – М., «Refl-buk», 2000. – S. 528.

4. Kuznecov V.F. Svjazi s obwestvennost'ju: Teorija i tehnologii:Uchebnik dlja vuzov. - М.: Aspekt Press, 2005. – 302 s.

5. Makusheva O.N. Mesto reklamy v sisteme massovyh kommunikacij / O. N. Makusheva, M. I. Gagloeva. — Tekst: neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. – 2020. – №3(293). – S. 390-391.

6. Rubcova N.V. Nejroseti v media: vozmozhnosti, problemy, perspektivy dlja buduvih medi-aspecialistov / N.V. Rubcova. — DOI 10.17150/2308-6203.2024.13(1).156-171. — EDN XGCNOY // Voprosy teorii i praktiki zhurnali-stiki. — 2024. — T. 13, № 1. — S. 156–171.

7. Karpovich Je.M. Avtomatizacija raboty SMM-specialistov s pomow'ju iskustvennogo intelekta / Je.M. Karpovich. — EDN EUEGMD // PR i reklama: tradicii i innovacii. Svjazi s obwestvennost'ju: smysly i tehnologii : materialy Vseros. nauch.-prakt.konf., Krasnojarsk, 20 apr. 2023 g. — Krasnojarsk, 2023. — S. 252–254.

8. Bejnenson V.A. Primenenie generativnyh nejrosetej v zhurnalistike: problemy i perspektivy / V.A. Bejnenson. — EDN THTQPB // Dinamika mediasistem. —2023. — T. 3, № 1. — S. 352–359.

9. Iskusstvennyj intellekt v rossijskih media i zhurnalistike: k diskussii ob jeticheskoj kodifikacii / M.M. Lukina, A.V. Zamkov, M.A. Krashenninnikova, D.Ju. Kul'chickaja. — DOI 10.17150/2308-6203.2022.11(4).680-694. — EDN WMNHIF // Voprosy teorii i praktiki zhurnalistiki. — 2022. — T. 11, № 4. — S. 680–694.

10. Strasser A. Distributed Responsibility in Human-Machine Interaction / A. Strasser. — DOI 10.1007/s43681-021-00109-5 // AI and Ethics. — 2022. — Vol. 2, no. 3. — P. 523–532.

11. Towards Responsible Media Recommendation / M. Elahi, D. Jannach, L. Skjærven [etal.]. — DOI 10.1007/s43681-021-00107-7 // AI Ethics. — 2022. — Vol. 2, no. 1. — P. 103–104.

12. Hagendorff T. The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines / T. Hagendorff. — DOI 10.1007/s11023-020-09517-8 // Minds and Machines. — 2020. — Vol. 30, no. 1. — P. 99–120.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ STAMM В ОБУЧЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*А. В. Маняшин, к. т. н., доцент, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия,
e-mail: awm_zub@mail.ru*

Реферат

Особенностью современного уровня научных исследований является использование самых передовых методик, для технических направлений помимо традиционно применяемой статистической обработки экспериментальных данных и регрессионного анализа – это кластерный анализ данных, моделирование с помощью нейронных сетей, анализ временных рядов и много другое.

Степень владения этими инструментами закладывается на уровне высшей школы. Будущий исследователь должен получить навыки использования неклассических подходов для получения прикладных или иных результатов исследований во время обучения в вузе.

В данной статье рассматривается система первоначальной обработки данных и имитационного моделирования «Stamm», как инструмент для прикладных и иных научных исследований, а также средство получения навыков решения научных, инженерных и иных задач обучающимися в высшей школе студентами и инженерами, повышающими свой уровень компетентности.

Ключевые слова: научные исследования, моделирование, имитационное моделирование, образование.

USING THE STAMM MOBILE APPLICATION IN EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

A. V. Manyashin

Abstract

A feature of the modern level of scientific research is the use of the most advanced techniques, for technical areas, in addition to the traditionally used statistical processing of experimental data and regression analysis, these are cluster data analysis, modeling using neural networks, time series analysis and much more.

The degree of proficiency in these tools is laid down at the higher school level. A future researcher should gain skills in using non-classical approaches to obtain applied or other research results while studying at a university.

This article discusses the system of initial data processing and simulation modeling "Stamm" as a tool for applied and other scientific research, as well as a means of obtaining skills in solving scientific, engineering and other tasks by students and engineers studying at higher school who increase their level of competence.

Keywords: scientific research, modeling, simulation, education.

Введение

Мобильное приложение «Stamm» [4, 5] разрабатывается автором, начиная с 2000 года на базе библиотеки Stingray Studio©, открытой библиотеки GSL и ряда других свободно распространяемых ресурсов. Использование табличного процессора не только для манипуляций с данными, но и для организации имитационного моделирования было впервые опробовано в 2002 году. Несмотря на доступность разнообразного программного обеспечения на тот момент рассматриваемое приложение обладало рядом преимуществ.

Приложение, имеющее стандартный интуитивно понятный интерфейс, аналогичный популярному «Microsoft Excel», не претендует на универсальность, но в какой-то степени делает разработку имитационных моделей доступной для обычных пользователей.

Использование разнообразных математических функций дает возможность решать самые разные задачи, начиная от различных манипуляций с данными и заканчивая визуальным моделированием. Система позволяет выполнять статистический и регрессионный анализ, реализовать быстрое преобразование Фурье, Вейвлет, кластерный анализ, построить и использовать простейшие нейросети, выполнять интерполирование и анализ временных рядов.

Несмотря на большое функциональное наполнение, приложение занимает на носителе всего 10 Мбайт и не требует установки.

Направления использования

Система для первоначальной обработки данных и имитационного моделирования «Stamm» активно используется в учебном процессе Тюменского индустриального университета, при обучении студентов моделированию, информационным технологиям, логистике, написанию ими выпускных квалификационных работ исследовательского типа.

На базе приложения аспирантами и соискателями нашего вуза реализованы имитационные модели:

- нормирования расхода моторных масел при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники [2];
- моделирование расхода топлива и прогрева автомобиля [11, 12];
- моделирование отказов подвески автобусов [3].

Программа постоянно совершенствуется, в частности, полностью переработан основной интерфейс в пользу контекстно-зависимых лент. Модернизируются и методики выполнения базовых функций в части реализации каждой из них в специализированном листе рабочей книги программы.

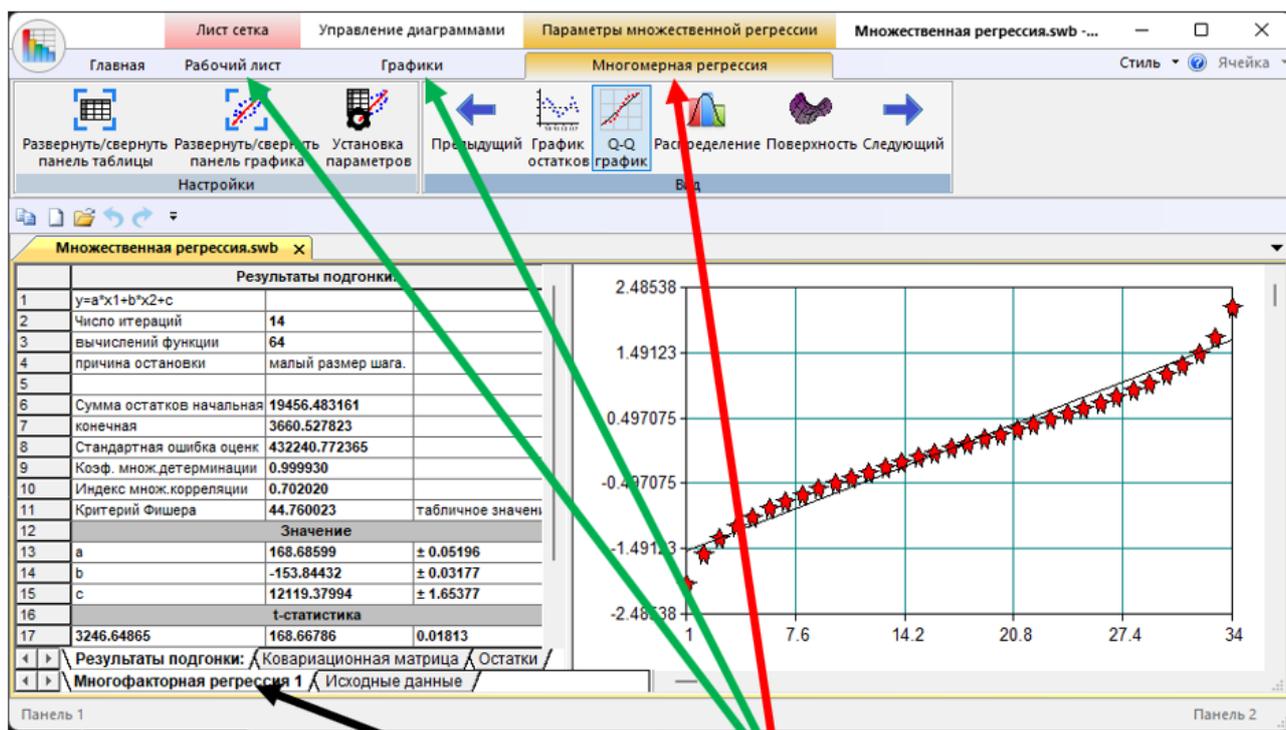
Функциональные особенности программы

Интерфейс и алгоритмы программы построены так, чтобы максимально упростить освоение пользователями новых методов, внедряемых в программу. Например, категория ленты приложения и, соответственно, набор инструментов управления содержимым, зависят от текущего активного листа рабочей книги (см. рисунок 1).

Сами листы несут функционал, связанный с их назначением, на настоящий момент реализовано 12 различных типов листов, составляющих рабочую книгу Stamm.

Рабочий лист-сетка, позволяющий манипулировать цифровыми и иными данными и содержащий, математические, статистические, финансовые и иные функции.

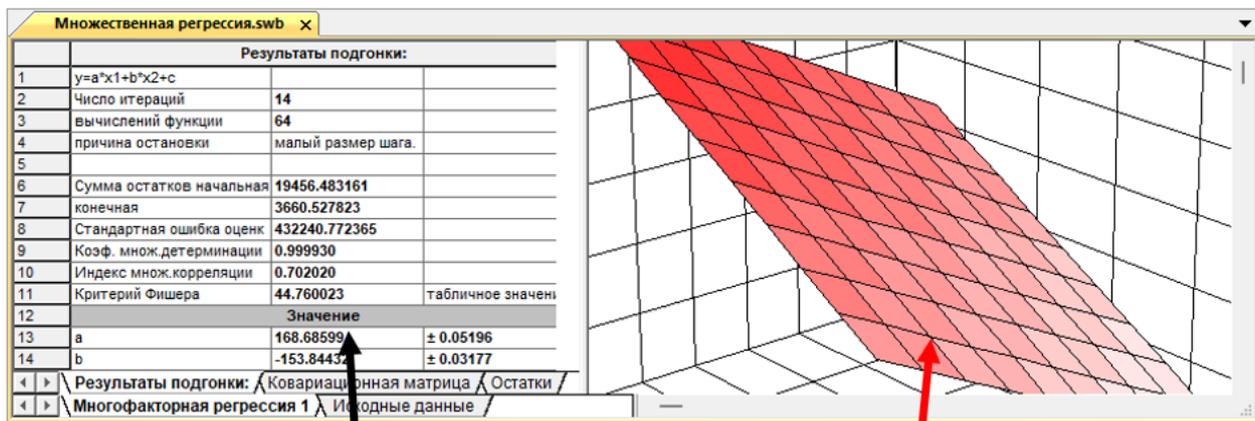
- Лист табличной имитации с возможностью подключения визуализации процессов в процессе моделирования.
- Лист объектной имитации.
- Листы графической интерпретации произвольных данных.
- Лист анализа закона распределения случайной величины.
- Регрессионный анализ по методу наименьших квадратов.
- Лист быстрого преобразования Фурье.
- Вейвлет преобразование.
- 3-мерные диаграммы.
- Лист кластерного анализа.
- Многофакторный регрессионный анализ.
- Лист анализа временных рядов.
- Лист для моделирования UML-схем.



Тип редактируемого листа

Рисунок 1 – Контекстно зависимые инструменты «Stamm»

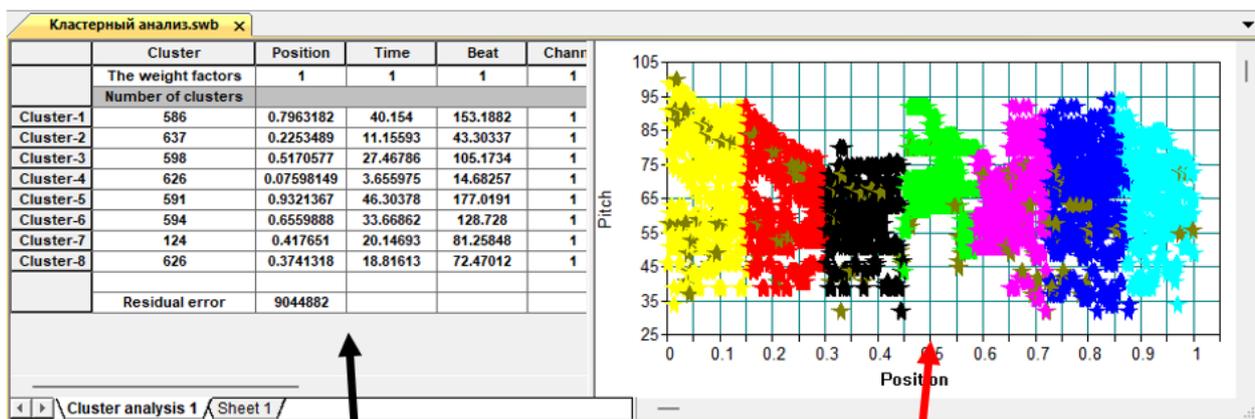
Несмотря на многообразие типов листов все они имеют одинаковую структуру, что упрощает усвоение новых элементов. Как правило, это сплит-окно в правой части которого содержится семантическая информация – текстовые и цифровые характеристики, а в левой визуальная (рисунки 2, 3).



Семантическая интерпретация результатов

Графическая интерпретация результатов

Рисунок 2 – Лист «Многофакторная регрессия» «Stamm»



Семантическая интерпретация результатов

Графическая интерпретация результатов

Рис. 3. Лист «Кластерный анализ» «Stamm»

Имитационное моделирование в системе «Stamm»

Собственно, сама программа изначально создавалась с целью обеспечить доступный инструмент для организации имитационных экспериментов. При этом автор использовал организацию взаимодействия компонентов моделей системной динамики с помощью ячеек электронных таблиц, на тот момент Microsoft Excel не имела такой возможности по причине возникновения перекрестных ссылок [6].

Отличительной особенностью подсистемы имитационного моделирования «Stamm» является возможность математического описания взаимодействий объектов с использованием перекрестных ссылок. Вторым специальным органом управления является контроллер, способный производить вычисления по заданным зависимостям с учетом перекрестных ссылок, накопленного значения переменной, модельного времени и шага моделирования.

Так как подсистема имитационного моделирования «Stamm» создана на базе многомерной электронной таблицы, подобной Microsoft Excel, то эти два типа контроллера реализованы в виде ячеек листа таблицы с особыми свойствами. Кроме того, для организации математических и логических зависимостей используется встроенный в систему формульный процессор (рисунок 4).

The screenshot shows a spreadsheet window titled 'Helicopters2.swb'. The table contains data for helicopter operations, including dates, locations, and aircraft counts. A dialog box titled 'Контроллер модельного времени' (Model Time Controller) is overlaid on the spreadsheet. The dialog box contains the following fields and controls:

- Выражение** (Expression): $=\{b2-b1\}/60*CurTime/b6$
- Вывод данных в лист** (Output data to sheet): [Empty field]
- Выводить через каждые** (Output every): 0 **ед. модельного времени** (model time units)
- Логическое выражение** (Logical expression): [Empty field]
- Истинно** (True): [Empty field]
- Ложно** (False): [Empty field]
- Buttons**: OK, Отмена (Cancel)

The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C	D	E
1	Initial	01/01/2017	133.2651515	Flight experience	
2	Final	01/12/2021	Surgut	50	44
3	Current	14/05/2017	Noyabrsk	45	45
4	Month	1	Tazovsky	85	79
5			Novy Urengoy	100	105
6	Number of aircraft	11			
7				Units	
8	№ aircraft	Basing	Total flying time	Engine TV2-117	Gearbox VR
9	7	Tazovsky	13141	1614	236
10			2000	1500	
11			Replace		
12		Engine TV2-117	Gearbox VR-8	Main rotor bushing	
13	Surgut	0	0	0	0
14	Noyabrsk	0	0	1	0
15	Tazovsky	0	0	0	0
16	Novy Urengoy	0	0	1	0
17	Total	0	2	1	0
18				Total	-
				Idle 1 aircraft per day	9600

Рисунок 4 – Табличная имитация «Stamm»

Дальнейшим развитием данного подхода стало внедрение компонента, реализующего визуальное отображение переменных параметров в соответствии с модельным временем.

Начиная с версии 4 программа стала поддерживать компонентно-структурную организацию имитационного моделирования с помощью наборов типовых объектов. При этом стало возможным отображение движущихся объектов-агентов аналогично популярным современным системам имитационного моделирования.

Кроме того, последняя версия системы получила возможность разработки UML-моделей (рисунок 5).

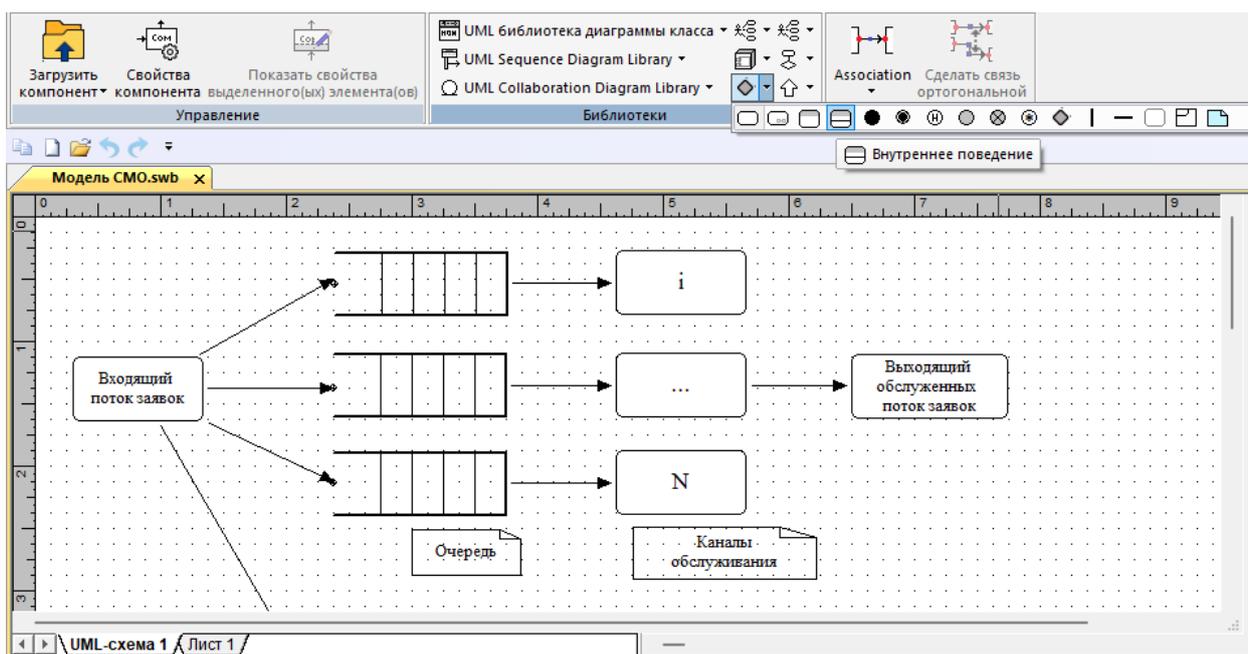


Рисунок 5 – UML-схема «Stamm»

Необходимо отметить, что визуальные компоненты моделей не ограничены набором генерируемым приложением, пользователь может сам создавать необходимые графические объекты сохранять и загружать их с носителей.

Дальнейшее развитие

В настоящее время система получила блок новых функций, связанных со сглаживанием числовых данных, эта работа выполняется в соответствии с задачей предварительной обработки «зашумленных данных», при этом реализован ряд методов, начиная от простой сплайн-интерполяции и заканчивая различными методами анализа временных рядов [1, 7, 8].

Автор создал сайт, на котором расположена сама программа ее описание и файлы примеров [9, 10].

Заключение

Таким образом, использование рассматриваемого приложения позволит заменить несколько пакетов программ, как правило, достаточно тяжеловесных. Кроме того, применение отечественной, свободно распространяемой разработки, в условиях санкций экономически и политически оправдано.

Список использованных источников

1. Дурницын, О. А. Исследование топливной экономичности автобетоносмесителя в городских условиях эксплуатации / О. А. Дурницын, А. В. Маняшин // Транспортные и транспортно-технологические системы : материалы Междунар. науч.-технич. конф., Тюмень, 13–14 апр. 2023 г. ; отв. ред.: П. В. Евтин. – Тюмень: Тюменский индустриальный ун-тет, 2023. – С. 216–220.

2. Киреева, А. И. Оценка влияния условий эксплуатации на расход моторных масел специальными автомобилями : специальность 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Киреева Анна Ивановна. – Тюмень, 2003. – 147 с.

3. Мальшаков, А. В. Методика оценки влияния сезонных условий на надежность пневмоподвески автобусов большого класса : специальность 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мальшаков Альберт Владимирович, 2017. – 155 с.

4. Маняшин, А. В. Использование Stamm 3.0 при решении научных и инженерно-технических задач / А. В. Маняшин – Тюмень : Тюменский индустриальный ун-тет, 2017. – 191 с.

5. Маняшин, А. В. Статистический анализ данных и имитационное моделирование в системе Stamm 4.0 / А. В. Маняшин – Тюмень: Тюменский индустриальный ун-тет, 2020. – 220 с.

6. Manyashin, A. V. About the problem of creating simulation models based on table processors / A. V. Manyashin // German International Journal of Modern Science. – 2020. – V. 2. – P. 29–34.

7. Маняшин, А. В. Обработка данных GNSS-мониторинга в мобильном приложении Stamm 4.2 / А. В. Маняшин // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 4-2 (83). – С. 104–110. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-4-2(83)-104-110.

8. Manyashin, A. V. Using digital filters of GNSS-monitoring data in the portable application "Stamm" / A. V. Manyashin // German International Journal of Modern Science. – 2023. – No. 57. – P. 54–57. – DOI 10.5281/zenodo.7994919.

9. Manyashin, A. V. User Guide / A. V. Manyashin. – 2023 – URL: <http://stamm.su/Stamm.html> (accessed: 30.09.2024).

10. Маняшин, А. В. Stamm – программа предварительной обработки данных и имитационного моделирования / А. В. Маняшин // Stamm – программа предварительной обработки данных и имитационного моделирования. – 2023 – URL: <http://stamm.su> (дата обращения: 30.09.2024).

11. Маняшин, С. А. Моделирование расхода топлива автомобилями на базе ездового цикла в низкотемпературных условиях эксплуатации : специальность 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Маняшин Сергей Александрович. – Оренбург, 2013. – 172 с.

12. Шуваева, И. М. Снижение расхода топлива автомобилями в зимний период путем оптимизации режима прогрева и совершенствования норм : специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шуваева Ирина Михайловна. – Тюмень, 2005. – 182 с.

References

1. Durnicyn, O. A. Issledovanie toplivnoj ekonomichnosti avtobetonosmesitelya v gorodskih usloviyah ekspluatatsii / O. A. Durnicyn, A. V. Manyashin // *Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Tyumen', 13–14 aprelya 2023 goda / Otv. redaktor P.V. Evtin.* – Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2023. – S. 216-220. – EDN QUTUHZ.

2. Kireeva, A. I. Ocenka vliyaniya uslovij ekspluatatsii na raskhod motornyh masel special'nymi avtomobilyami : special'nost' 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobil'nogo transporta" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Kireeva Anna Ivanovna. – Tyumen', 2003. – 147 s. – EDN NMHJTJ.

3. Mal'shakov, A. V. Metodika ocenki vliyaniya sezonnyh uslovij na nadezhnost' pnevmopodveski avtobusov bol'shogo klassa : special'nost' 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobil'nogo transporta" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Mal'shakov Al'bert Vladimirovich, 2017. – 155 s. – EDN RIYDRJ.

4. Manyashin A. V. Ispol'zovanie Stamm 3.0 pri reshenii nauchnyh i inzhenerno-tekhnicheskikh zadach / A. V. Manyashin — Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2017. — 191 s.

5. Manyashin A. V. Statisticheskij analiz dannyh i imitacionnoe modelirovanie v sisteme Stamm 4.0 / A. V. Manyashin — Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2020. — 220 s.

6. Manyashin A. V. About the problem of creating simulation models based on table processors / A. V. Manyashin // *German International Journal of Modern Science.* — 2020. — 2. — p. 29-34.

7. Manyashin, A. V. Obrabotka dannyh GNSS-monitoringa v mobil'nom prilozhenii Stamm 4.2 / A. V. Manyashin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* – 2023. – № 4-2(83). – S. 104-110. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-4-2(83)-104-110. – EDN WBXNMP.

8. Manyashin, A. V. Using digital filters of GNSS-monitoring data in the portable application "Stamm" / A. V. Manyashin // *German International Journal of Modern Science.* – 2023. – No. 57. – P. 54-57. – DOI 10.5281/zenodo.7994919. – EDN VRIVEZ.

9. Manyashin A.V. User Guide / A.V. Manyashin. — 2023 — URL: <http://stamm.su/Stamm.html> (accessed: 30.09.2024)

10. Manyashin A.V. Stamm – programma predvaritel'noj obrabotki dannyh i imitacionnogo modelirovaniya / A.V. Manyashin // Stamm – programma predvaritel'noj obrabotki dannyh i imitacionnogo modelirovaniya. — 2023 — URL: <http://stamm.su> (data obrashcheniya: 30.09.2024)

11. Manyashin, S. A. Modelirovanie raskhoda topliva avtomobilyami na baze ezdovogo cikla v nizkotemperaturnykh usloviyah ekspluatatsii : special'nost' 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobil'nogo transporta" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Manyashin Sergej Aleksandrovich. – Orenburg, 2013. – 172 s. – EDN SUTRCD.

12. ShCuvaeva, I. M. Snizhenie raskhoda topliva avtomobilyami v zimnij period putem optimizatsii rezhima progreva i sovershenstvovaniya norm : special'nost' 05.22.10 "Ekspluatatsiya avtomobil'nogo transporta" : dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / SHuvaeva Irina Mihajlovna. – Tyumen', 2005. – 182 s. – EDN NNDSQV.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОГО ОБЪЕКТА

Н. С. Монтик, ст. преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: nikolay.montik@gmail.com
Е. В. Рудецкий, студент факультета интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: zenka.rud@gmail.com

Реферат

В данной статье рассмотрена система моделирования работы светофорного объекта на перекрестке. Обсуждаются перспективы автоматизации управления дорожным движением с использованием адаптивных алгоритмов. Описаны преимущества и недостатки традиционных и адаптивных систем управления светофорами. Представлены структура программы моделирования и алгоритмы работы модели.

Ключевые слова: светофор, моделирование, адаптивное управление, дорожное движение, автоматизация, алгоритмы, транспортные потоки.

MODELING THE OPERATION OF A TRAFFIC LIGHT OBJECT

M. S. Montsik, E. V. Rudetsky

Abstract

In this article, a system for modeling the operation of a traffic light object at an intersection is considered. The prospects of automating traffic management using adaptive algorithms are discussed. The advantages and disadvantages of traditional and adaptive traffic light control systems are described. The structure of the modeling program and the algorithms of the model are presented.

Keywords: traffic light, modeling, adaptive control, traffic, automation, algorithms, traffic flows.

Введение

В последнее время наблюдается быстрый прогресс в развитии комплексных автоматизированных систем управления дорожным движением в городах и регионах [1–3]. Эти системы интегрируют различные технологии, такие как компьютеры, средства автоматизации, телемеханики, связи и видеонаблюдения, для централизованного контроля транспортных потоков. Практика доказала высокую эффективность таких комплексных подходов в решении транспортных проблем, и в особенности, адаптивных методов управления [4–7].

Традиционные методы управления светофорами, имеют ряд недостатков:

- неэффективное использование зеленого сигнала – когда на одном направлении нет машин, а на других направлениях образуются очереди.
- несоответствие длительности фаз светофора фактической интенсивности потока – что снижает пропускную способность и создает заторы.

Данная работа направлена на разработку программного обеспечения для сравнительного анализа работы традиционных жестких и адаптивных алгоритмов управления светофорными объектами.

1 Постановка задачи

Перед внедрением и созданием какого-либо дорогостоящего проекта или системы всегда следует оценить ее возможности. Эту проблему решает метод моделирования. Несмотря на то, что имитационное моделирование является относительно недорогим способом тестирования алгоритмов управления светофорами, оно сталкивается с проблемой создания оптимальной модели, адекватно отображающей реальную дорожную обстановку. Поэтому следует выбирать модель по соотношению полнота/затратность.

Перекресток удобно представить как граф с двенадцатью вершинами, в котором каждая вершина будет отображать начальную полосу движения, а ребро – конфликт, который будет создаваться при одновременном движении из этих полос. Такой граф будет называться “графом конфликтов” (см. рисунок 1).

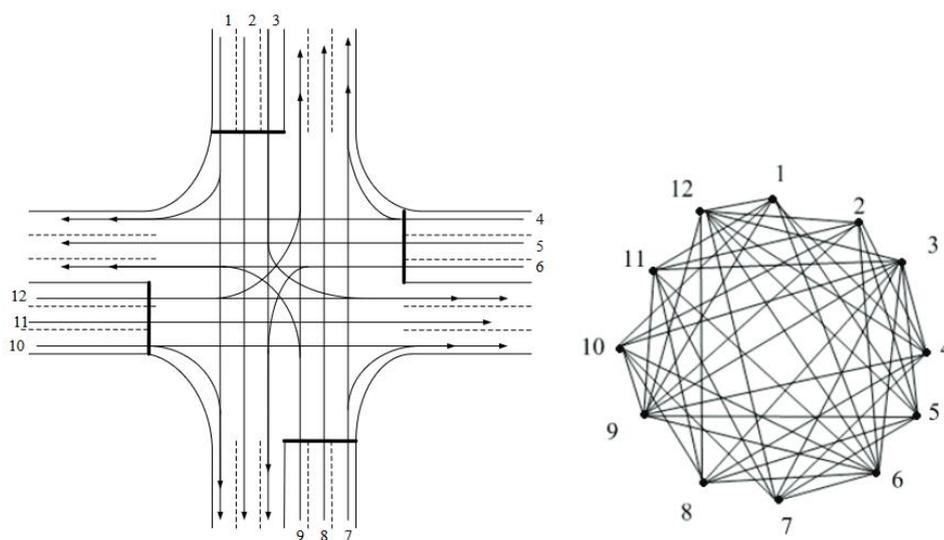


Рисунок 1 – Граф конфликтов

Таким образом задача о моделировании светофора сводится к своеобразному раскрашиванию вершин графа (схожего с графом конфликтов) с максимизацией выгоды, а также разработке различных алгоритмов раскраски графа и программы визуализации.

2 Теоретическая часть

Рассмотрим подробнее конфликты и, в частности, конфликты слияния и пересечения на перекрестке. Слияние – ситуация, когда взаимодействующие участники одновременно претендуют на одну и ту же ограниченную, точечную территорию. Пересечение – ситуация, когда взаимодействующие участники сталкиваются в конфликтной точке. Некоторые конфликты пересечения и слияния в упрощенном виде изображены на рисунке 2.

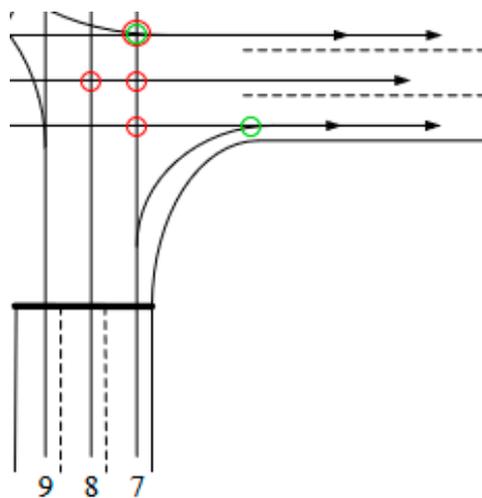


Рисунок 2 – Пересечение (красный), слияние (зеленый)

Моделирование будет происходить на следующем перекрестке: из одного направления есть только три траектории: транзитная (средняя полоса), поворот налево (крайняя левая полоса), поворот направо (крайняя правая полоса). Граф конфликтов для такого перекрестка изображен на рисунке 3.

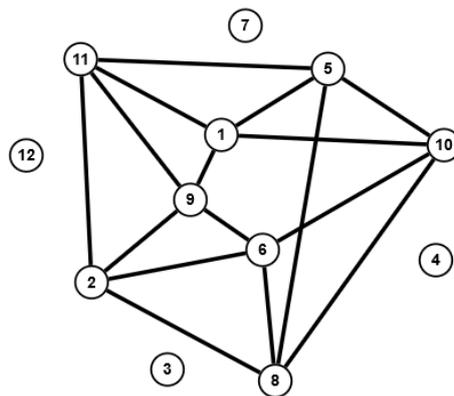


Рисунок 3 – Граф конфликтов

Необходимо также отметить некоторые особенности работы модели:

- генерация транспортных средств на i -ой полосе происходит по нормальному распределению, при этом, если полоса уже задействована, то шанс появления транспортного средства снижается на 25 % от заданного значения пользователем;
- за одну итерацию из каждой полосы может выехать либо одно, либо два транспортных средства (определяются случайным образом). Существует также указанная при настройке модели вероятность того, что в каждую полосу будет добавлено одно новое транспортное средство;
- для представления графа конфликтов в программе используется список смежности `graph_conf`. Например, `graph_conf [0]` содержит `{4, 8, 9, 10}`, что означает, что вершина 0 конфликтует с вершинами 4, 8, 9 и 10;
- для отрисовки траектории движения используется массив типа `bool` – `check_conf`. То есть, если в ходе моделирования нужно отрисовать траекторию из полосы под индексом 0, то в массив `check_conf [0]` вписываем значение `true`;

- массив `start_pos` типа структуры `Position` хранит в себе количество машин на полосе, путь к изображению траектории, а также подходит ли i -ая полоса максимальной полосе.

3 Алгоритм работы программы. Виды моделирования

Алгоритм.

1. Запуск программы и ввод настроек моделирования.
2. Выбор модели и запуск моделирования, генерируется исходное количество транспортных средств на каждой полосе, запускается элемент `Timer`.
3. Внутри элемента `Timer` каждые n миллисекунд начинается работать выбранная модель, результаты моделирования записываются в статистику.
4. Если работающие полосы изменились, то происходит перерисовка элемента `TImage` (перекрестка).
5. Если нажата кнопка “Стоп”, то моделирования прекращается до повторного нажатия кнопки “Стоп”, либо до начала нового моделирования.

Виды моделирования. Модель жесткого светофора.

Данная модель светофора работает независимо от количества машин на данном направлении и конфликтующих направлений. Работает он следующим образом: 3 итерации машины едут со всех полос одного определенного направления. Порядок работы отображен на рисунке 4.

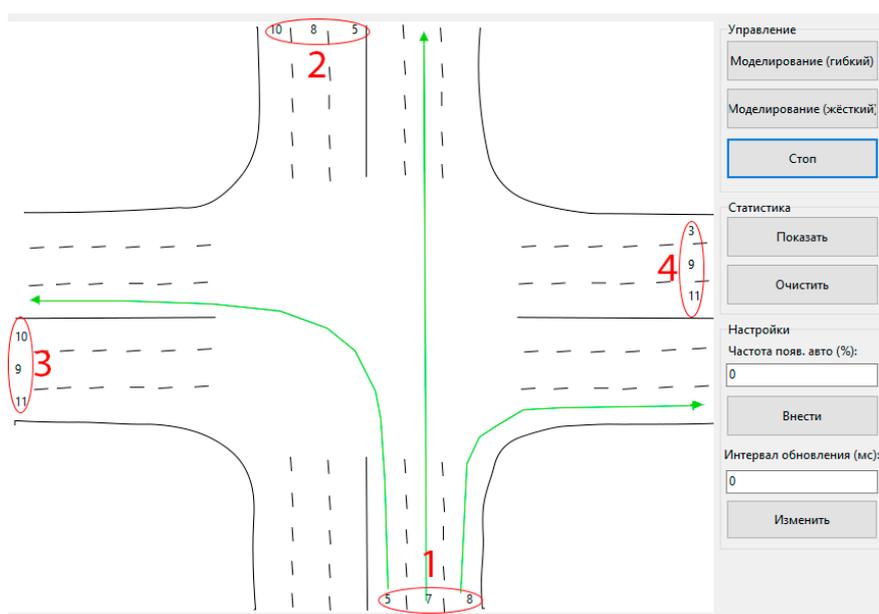


Рисунок 4 – Порядок работы

Модель гибкого светофора.

Данная модель светофора при своей работе учитывает средние значения транспортных средств со всех направлений, а также количество транспортных средств, с которыми конфликтует i -ая полоса (жадный алгоритм). Генерируется начальное количество транспортных средств на каждой полосе, далее ищется максимальное значение среди этих полос (основная). Следом ищется неконфликтная (дополнительная) полоса с максимальным количеством транспортных средств. Т. о. движение транспорта по этой полосе прекращается, если выполняется данное условие

$$x \leq y - y * 0.25, \quad (1)$$

где x – это количество транспортных средств на основной полосе, а y – среднее количество транспортных средств на всех полосах.

Пример работы данной модели приведен на рисунках 5, 6.

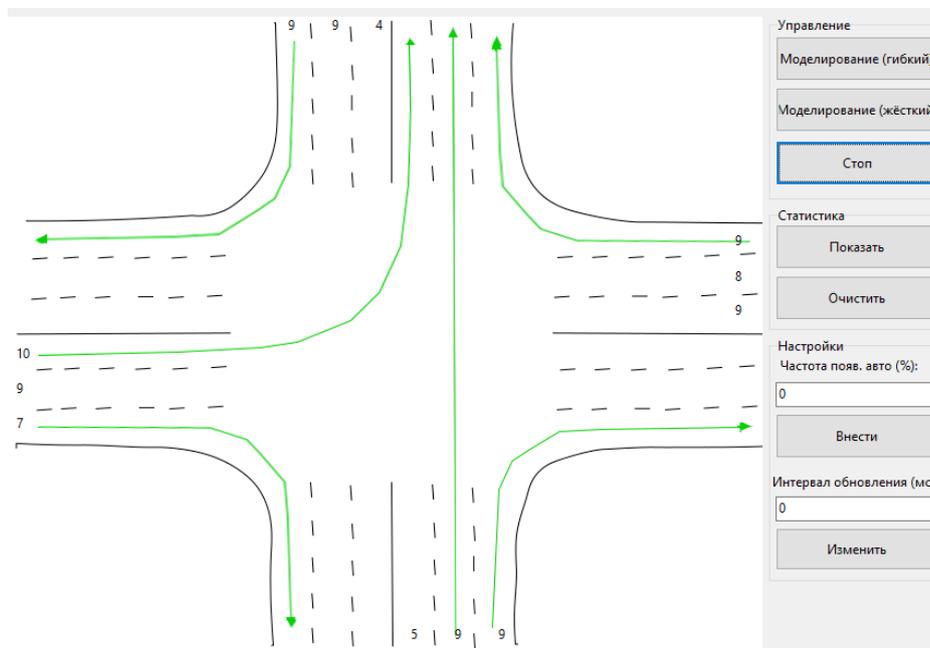


Рисунок 5 – Исходное состояние перекрестка

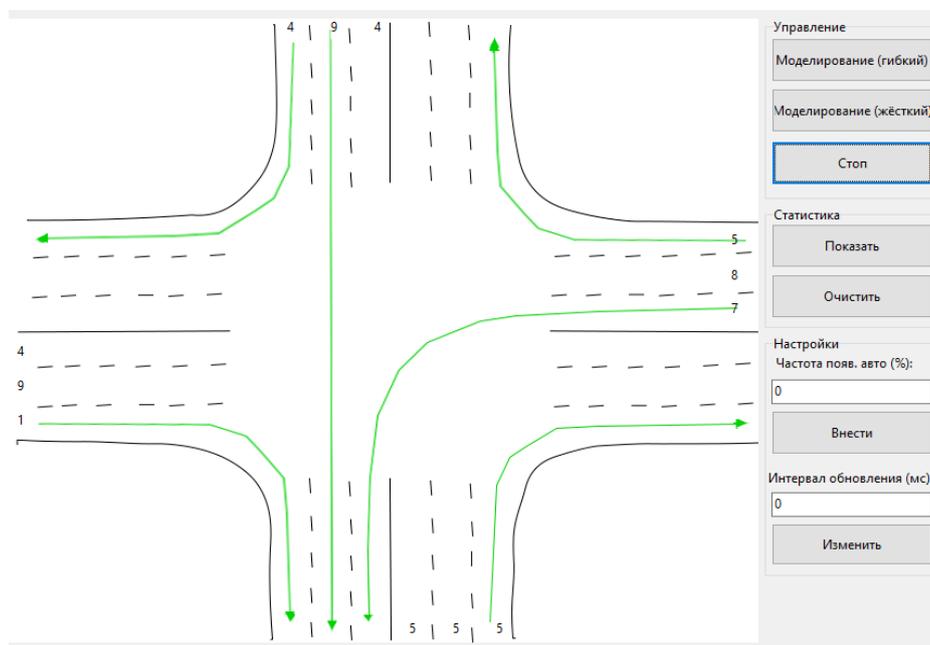


Рисунок 6 – Состояние перекрестка после смены полос

4 Тестирование и анализ результатов

При вероятности появления транспортных средств равной 35 % график средней длины гибкой модели на перекрестке имеет вид (см. рисунок 7). Также представлена статистика очередей (см. таблицу 1).

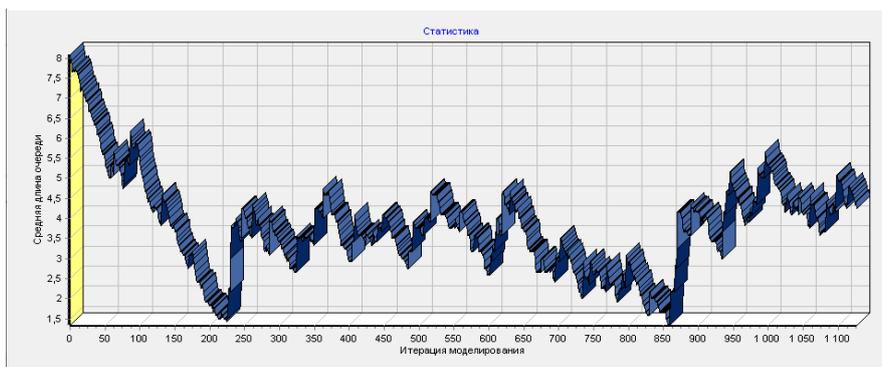


Рисунок 7 – График гибкой модели

При вероятности появления транспортных средств равной 35 % график средней длины жесткой модели на перекрестке имеет вид (см. рисунок 8). Также представлена статистика очередей (см. таблицу 2).

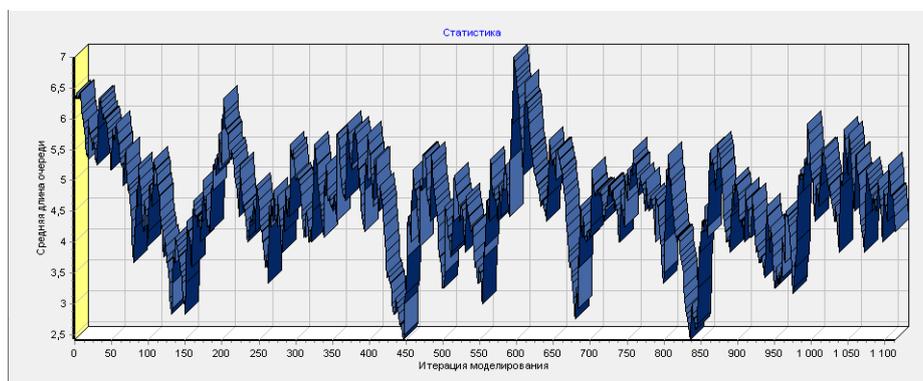


Рисунок 8 – График жесткой модели

Таблица 1 – Статистика очередей светофора с гибким регулированием

№ Направления	Интенсивность потока, %	Максимальная длина очереди, авт.	Среднее значение очереди, авт.	Среднее время ожидания, с
1	35	6	3,5	23,25
2	35	7	3,7	23,64
3	35	8	4,1	23,78
4	35	7	3,95	23,83

Таблица 2 – Статистика очередей светофора с жестким регулированием

№ Направления	Интенсивность потока, %	Максимальная длина очереди, авт,	Среднее значение очереди, авт,	Среднее время ожидания, с
1	35	7	4,2	25,25
2	35	7	4,6	26,64
3	35	8	4,45	28,78
4	35	8	4,76	27,83

При вероятности появления транспортных средств равной 50 %, график средней длины гибкой модели на перекрестке имеет вид (см. рисунок 9). Также представлена статистика очередей (см. таблицу 3). При вероятности появления

транспортных средств равной 50 %, график средней длины жесткой модели на перекрестке имеет вид (см. рисунок 10). Также представлена статистика очередей (см. таблицу 4).

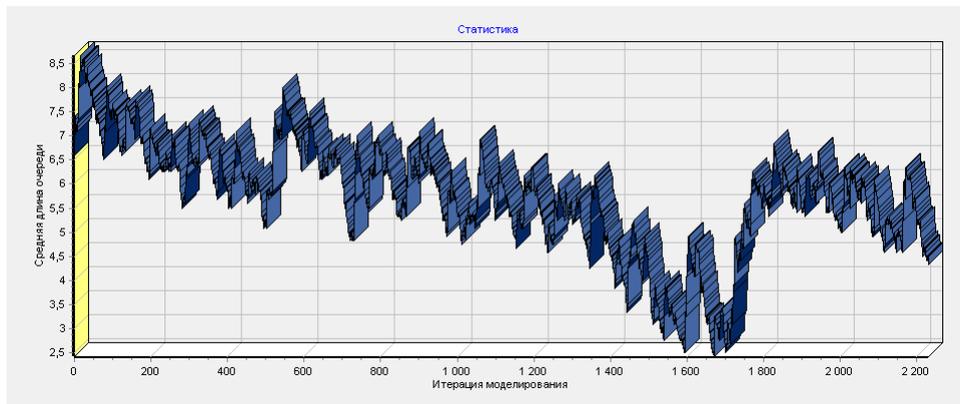


Рисунок 9 – График гибкой модели

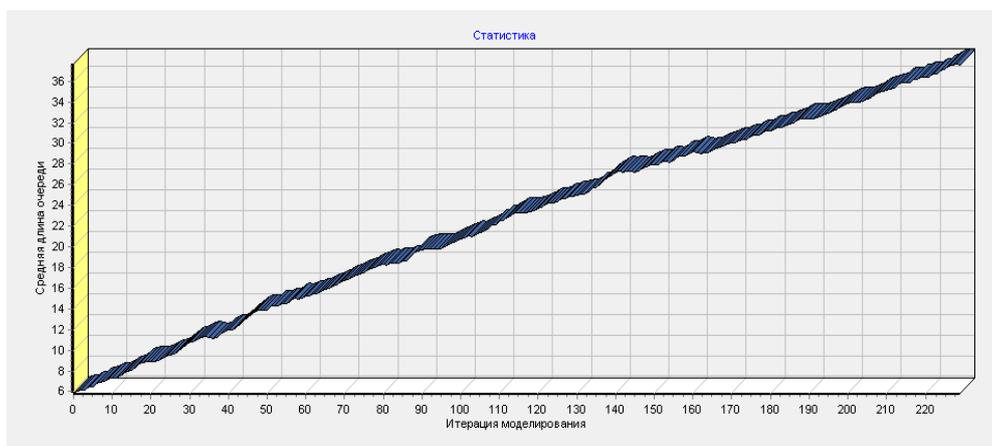


Рисунок 10 – График жесткой модели

Таблица 3 – Статистика очередей светофора с гибким регулированием

№ Направления	Интенсивность потока, %	Максимальная длина очереди, авт,	Среднее значение очереди, авт,	Среднее время ожидания, с
1	50	10	3,5	30,7
2	50	11	3,7	31,4
3	50	10	4,1	32,8
4	50	12	3,95	30,92

Таблица 4 – Статистика очередей светофора с жестким регулированием

№ Направления	Интенсивность потока, %	Максимальная длина очереди, авт,	Среднее значение очереди, авт,	Среднее время ожидания, с
1	50	36	26	62,4
2	50	42	24	66,67
3	50	35	25	64,85
4	50	44	22	69,88

При вероятности появления транспортных средств равной 75 % график средней длины гибкой модели на перекрестке имеет вид (см. рисунок 11). Также представлена статистика очередей (см. таблицу 5).

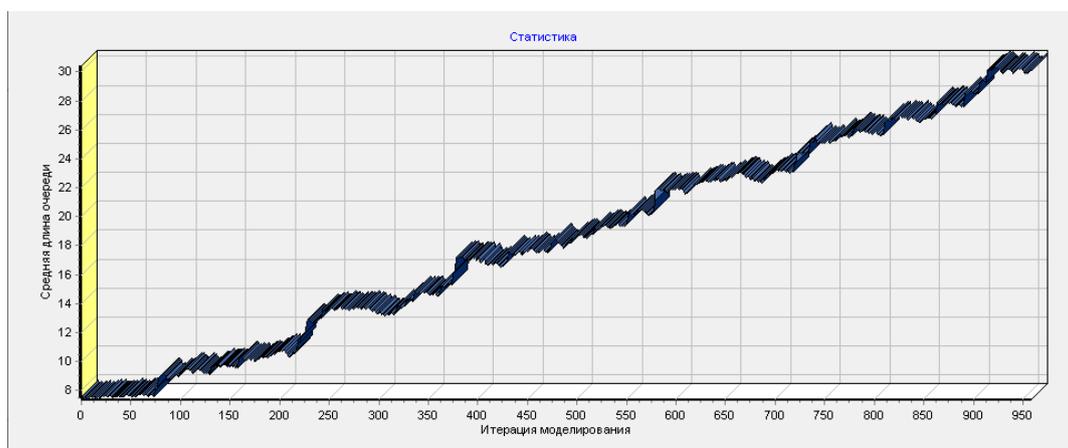


Рисунок 11 – График гибкой модели

Таблица 5 – Статистика очередей светофора с гибким регулированием

№ Направления	Интенсивность потока, %	Максимальная длина очереди, авт,	Среднее значение очереди, авт,	Среднее время ожидания, с
1	75	35	22	47,64
2	75	33	23	44,55
3	75	30	21	45,62
4	75	38	24	50,54

Необходимо отметить, что вероятность появления транспортных средств при тестировании была постоянной.

Анализ графиков показал, что при низкой интенсивности транспортного потока обе модели демонстрируют схожие результаты, однако гибкая модель имеет важное преимущество в виде снижения времени ожидания в очереди. Это достигается за счет меньшего количества резких перепадов в графике движения, что способствует более плавному потоку транспорта.

Когда интенсивность движения увеличивается, жесткая модель начинает испытывать трудности с обработкой нагрузки, что приводит к увеличению времени ожидания и возникновению заторов. Гибкая модель продолжает эффективно справляться с возрастающей нагрузкой, динамически адаптируясь к изменяющимся условиям. Однако при достижении 75 % от максимальной пропускной способности она также перестает справляться с нагрузкой.

Заключение

Исходя из полученных результатов тестирования, можно сделать вывод, что гибкая модель управления дорожным движением значительно превосходит жесткую модель по ряду ключевых параметров, таких как время ожидания в очереди, средняя длина очереди, максимальная длина очереди и т. д. В последнее время появились новые методы управления транспортными потоками, основанные на мультиагентном подходе [8–12].

Список цитированных источников

1. Шуть, В. Н. Оптимизация управления автотранспортом перед светофором в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть, В. С. Партин, С. В. Анфилец, В. В. Касьяник // Вестник БрГТУ. Физика, математика, информатика. – 2008. – № 5 (53). – С. 110–112.
2. Шуть, В. Н. Робототехническая магистральная система «Пешеходный переход» / В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. – 2014. – № 4 – С. 423–427.
3. Шуть, В. Н. Расширение возможностей оптимального управления транспортными потоками в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть // Електроніка та інформаційні технології : зб. наук. прац. – Вип. 3. – Львов, 2013 – С. 193–201.
4. Анфилец, С. В. Адаптивный алгоритм управления на основе поэтапной настройки светофорных объектов по магистрали / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Доклады БГУИР, – 2011. – № 6 (60). – С. 79–86.
5. Анфилец С. В. Компьютерный расчет восстанавливаемых экологических потерь при внедрении адаптивной системы на улично-дорожной сети города / С. В. Анфилец, В. Н. Шуть // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2 (68). – С. 106–108.
6. Шуть, В. Н. Поддержка решений и анализ условий включения адаптивной системы управления светофорным объектом на пешеходных переходах улично-дорожной сети / В. Н. Шуть // Вестник БрГТУ. Физика, математика, информатика. – 2011. – № 5. – С. 54–57.
7. Шуть, В. Н. Центрирование импульса интенсивности для адаптивной настройки сдвигов фаз / В. Н. Шуть, С. В. Анфилец // Наука и техника. – 2012. – № 2. – С. 59–63.
8. Шуть, В. Н. Расширение возможностей оптимального управления транспортными потоками в улично-дорожной сети города / В. Н. Шуть // Електроніка та інформаційні технології : зб. наук. праць. – Вип. 3. – Львов, 2013. – С. 193–201.
9. Шуть, В. Н. Управление движением автотранспортных средств с использованием мобильного помощника водителя / В. Н. Шуть // Проблемы информационных технологий / Херсонский национальный технический университет. – 2013. – № 01 (013). – С. 159–164.
10. Шуть, В. Н. Мультиагентное управление перекрестком / В. Н. Шуть // Вестник Херсонского нац. технич. ун-та. – 2014. – № 3 (50) – С. 179–184.
11. Шуть, В. Н. Мультиагентное управление движением транспортных средств в улично-дорожной сети города // Искусственный интеллект, 2014. – № 4. – С. 123–128.
12. Климович, А. Н. Современные подходы и алгоритмы управления транспортными потоками / А. Н. Климович, А. С. Рыщук, В. Н. Шуть // Вестник Херсонского нац. технич. ун-та. – 2015. – № 3 (54). – С. 252–256.

References

1. Shut, V,N, Optimizatsiia upravleniia avtotransportom pered svetoforom v ulichno-dorozhnoi seti goroda / V,N,Shut, V,S, Partin, S,V, Anfiletc, V,V, Kasianik // Vestnik BrGTU, – 2008, – № 5(53): Fizika, matematika, informatika, – S, 110–112,
2. Shut, V,N, Robototekhnicheskaiia magistralnaia sistema «Peshekhodnyi perekhod» / V,N, Shut // «Iskusstvennyi intellekt» № 3, IPII «Nauka i osvita», : Donetsk : 2011, – S, 423–427,
3. Shut, V,N, Rasshirenie vozmozhnosei optimalnogo upravleniia transportnymi potokami v ulichno-dorozhnoi seti goroda,/ V,N,Shut// «Elektronika ta informatciini tekhnologii», Zbirnik naukovikh prac , Vipusk 3, – Lvov, 2013 – S, 193–201,
4. Anfiletc, S, V, Adaptivnyi algoritm upravleniia na osnove poetapnoi nastroiiki svetofornykh obektov po magistrali / S, V, Anfiletc, V, N, Shut // Doklady BGUIR, - 2011, - № 6 (60), - S, 79 - 86,
5. Anfiletc S,V,, Shut V,N, Kompiuternyi raschet vosstanavlivaemykh ekologicheskikh poter pri vnedrenii adaptivnoi sistemy na ulichno-dorozhnoi seti goroda // Vestnik BrGTU, – 2011, – № 2(68) : Vodokhoziaistvennoe stroitelstvo, teploenergetika i geoekologiiia, – S, 106–108,
6. Shut, V,N, Podderzhka reshenii i analiz uslovii vklucheniia adaptivnoi sistemy upravleniia svetofornym obektom na peshekhodnykh perekhodakh ulichno-dorozhnoi seti / V,N,Shut // «Vestnik BrGTU № 5»: Fizika, matematika, informatika: Brest: BrGTU, 2011, – S,54–57,
7. Shut, V,N, Tcentrirovaniie impulsa intensivnosti dlia adaptivnoi nastroiiki sdvigov faz / V,N,Shut, S,V,Anfiletc // «Nauka i tekhnika», Mezhdunarodnyi nauchno-tekhnicheskii zhurnal, № 2: Minsk: 2012, – S, 59–63,

8. Shut, V,N, Rasshirenie vozmozhnostei optimalnogo upravleniia transportnymi potokami v ulichno-dorozhnoi seti goroda,/ V,N,Shut// «Elektronika ta informatciini tekhnologii», Zbirnik naukovikh prac , Vipusk 3, – Lvov, 2013 – S, 193–201,

9. Shut, V,N, Upravlenie dvizheniem avtotransportnykh sredstv s ispolzovaniem mobilnogo pomoshchnika voditelia / V,N, Shut // «Problemy informatcionnykh tekhnologii, №01(013) »: Kherson, Khersonskii natsionalnyi tekhnicheskii universitet: 2013, – S, 159–164,

10. Shut, V,N, Multiagentnoe upravlenie perekrestkom / V,N, Shut // «Vestnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta №3(50) »: Kherson: 2014, – S, 179–184,

11. Shut V,N Multiagentnoe upravlenie dvizheniem transportnykh sredstv v ulichno-dorozhnoi seti goroda // Iskustvennyi intellekt№4, Donetsk: IPII «Nauka i osvita, 2014, – S, 123–128,

12. Klimovich, A,N, Sovremennye podkhody i algoritmy upravleniia transportnymi potokami / A,N,Klimovich, A,S,Ryshchuk, V,N,Shut // «Vestnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta №3(54)»: Kherson: 2015, – S, 252–256,

УДК: 517, 519.8, 621+37

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СВЯЗИ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН В STEM ОБРАЗОВАНИИ

*С. Назаров, к. т. н., ректор Государственного энергетического института
Туркменистана, Мары, Туркменистан, e-mail: energetikatdei@gmail.com*

*М. Рахимов, д. ф.-м. н., профессор, заведующий кафедрой высшей математики,
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Турк-
менистан, e-mail: rahymowtihammet72@gmail.com*

*Ш. Аннабердиев, преподаватель кафедры высшей математики
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары,
Туркменистан, e-mail: rahymowtihammet72@gmail.com*

*Я. Алламырадов, преподаватель кафедры высшей математики,
Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары,
Туркменистан, e-mail: rahymowtihammet72@gmail.com*

Реферат

В данной работе рассматриваются научно методические вопросы STEM образования. Приводятся важные примеры технико-экономического и инженерно-технологического характера, выявляются принципиальные вопросы внедрения STEM-образования в учебный процесс. В учебном процессе рекомендуется использовать STEM:IT образование. В связи с внедрением STEM:IT образование приведены необходимые результатов по исследованию уравнения Навье-Стокса, решения задачи оптимального моделирования, линеаризации уравнения Навье – Стокса и оптимального режима (оптимальные функциональные зависимости) насоса и греющего устройства в зависимости от скорости течения жидкости.

Ключевые слова: STEM образование, межотраслевая балансовая модель, модель Кобба-Дугласа, оптимальная модель, режим насоса, уравнения Навье-Стокса, телеграфное уравнение.

Введение

Согласно постановлению Президента Туркменистана № 179 от 08.07.2022 «Программа социально-экономического развития страны в 2022–2028 гг.» [1, 2], приказом Министерства образования Туркменистана № 34 от 03.02.2023 утверждена дорожная карта поэтапного внедрения STEM-образования в инженерных высших учебных заведениях. В связи с этим в Туркменистане возросло число публикаций, посвященных проблеме внедрения методики STEM-образования, и решение этой проблемы в настоящее время находится под пристальным вниманием специалистов и ученых-педагогов Туркменистана [3, 4]. В мировой практике использование метода обучения STEM-образования привело к некоторому успеху в освоении учебных дисциплин будущими специалистами. В XXI веке необходимость получения STEM-образования инженеров и технологов можно связать с необходимостью внедрения новых научных результатов в производство и подготовку специалистов и ученых в данной области науки. Отметим, что STEM-образование – есть нечто иное, новые методы обучения, основанные на установлении тесной логической связи учебных дисциплин. STEM-образование предусматривает методику обучения, исходя из результатов научных исследований, выполненных в научных лабораториях или на экспериментально проведенных инновационных и инженерных испытаниях. При этом предусматривается установление естественно-научных закономерностей исследований технолого-физико-технического процесса и количественных закономерностей этих исследований, написанных в математической строгости, т. е. в математических формулах и моделях. Отметим, что описание закономерностей технико-экономических процессов в математических моделях – довольно трудная задача, тем не менее, в STEM-образовании целесообразно привлечь внимание обучающихся к некоторым важным параметрам исследуемого процесса, входящим математическим моделям. В таком аспекте внедрение STEM-образования в учебный процесс позволяет проявить у молодых специалистов новые взгляды, обратить внимание на естественные закономерности и применение полученных ими теоретических знаний на практике, тем самым приблизить теорию к практике. В STEM-образовании требуется тесная связь учебных дисциплин; научно-методических сочетаний, предусматривается выявление естественных закономерностей процессов, изучаемых в лабораторных и научно-практических экспериментальных условиях, и применение этих закономерностей при решении инженерно-технических и технологических задач. Требуется особо обратить внимание на установление количественных закономерностей – математических моделей научно исследуемых объектов.

При внедрении STEM-образования в учебный процесс необходимо определить научно-методические темы исследований, выбрать учебные дисциплины в соответствии с квалификацией выпускников данной специальности, привлечь к этой важной педагогической научно-методической работе специалистов – ученых соответствующих направлений науки, создать соответствующий лабораторный научно-методический учебный комплекс STEM-образования.

В настоящей работе предлагается несколько рекомендаций по использованию математических моделей и определения физических

1. При известных коэффициентах материальных затрат a_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) и объемах y вектора конечного продукта всех отраслей найти объемы производства продукции каждой отрасли x .

2. При известных объемах вектора валовой продукции x всех отраслей и известных коэффициентах прямых затрат a_{ij} найти объемы вектора конечной продукции y всех отраслей.

3. Найти решение уравнения (4) при известных различных параметрах нескольких отраслей, т. е. у одних отраслей известны коэффициенты прямых затрат и план валовой продукции, у других известны компоненты вектора конечного продукта отраслей.

В STEM-образовании главное то, что эти уравнения нужно решить, исходя из постановки научно-исследовательской работы по вводу новейших инновационных технологий в производство.

STEM-образование необходимо и для будущих инженеров-экономистов. В связи с этим приведем второй важный пример технолого-экономического характера, который необходимо изучать в учебном процессе. В экономическом анализе часто используются производные функции. По своему строению производственные функции включают в себя всевозможные зависимости – параметры в сфере производства на различных уровнях: предприятие, отрасль, народное хозяйство в целом. Рассмотрим наиболее распространенную производственную функцию, называемую функцией Кобба – Дугласа. Если в зависимости от двух факторов (совокупных затрат живого труда и суммарного объема производственных фондов) изучается величина общественного продукта, то математическую модель этого процесса можно описать с производственной функцией следующего вида:

$$y = ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2}, \quad a > 0, \quad \alpha_1 > 0, \quad \alpha_2 > 0.$$

Заметим, что модель Лобба – Дугласа представлена как произведение двух степенных функций. При этом постоянные a , α_1 , α_2 определяются на основе статистических данных применением корреляционных методов, при этом коэффициенты регрессии α_1, α_2 удовлетворяют неравенствам $0 < \alpha_i < 1, i = 1, 2$.

В STEM-образовании определение величины коэффициентов регрессии α_1, α_2 и постоянного коэффициента a_0 является первоочередной задачей научно-методического характера. После их определения необходимо и целесообразно исследовать систему на следующие факторы:

1. $\frac{y}{x_1} = a_0 x_1^{\alpha_1 - 1} x_2^{\alpha_2}$ – средняя производительность труда.
2. $\frac{\partial y}{\partial x_1} = a_0 \alpha_1 x_1^{\alpha_1 - 1} x_2^{\alpha_2}$ – предельная производительность труда.
3. $\frac{\partial y}{\partial x_1} = \alpha_1 \frac{y}{x_1}$, $0 < \alpha_1 < 1$ (предельная производительность труда всегда ниже средней производительности).
4. $\frac{\partial y}{\partial x_1} \frac{x_1}{y} = \alpha_1$ – эластичность выпуска продукции по затратам труда.
5. $\frac{y}{x_2} = a_0 x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2 - 1}$ – средняя фондоотдача всегда увеличивается с увеличением ресурсов труда (при неизменных фондах) и уменьшается с увеличением самих фондов (при неизменных трудовых ресурсах).
6. $\frac{\partial y}{\partial x_2} \frac{x_2}{y} = \alpha_2$ – эластичность выпуска продукции по объему производственных фондов и др.

STEM-образование с использованием уравнений газодинамики

Рассмотрим некоторые задачи инженерно-технического характера и их математические модели, выявим важные параметры. Вначале отметим некоторые проблемы, связанные с уравнением газодинамики, т.е. с уравнением Навье – Стокса, не решенные до конца до настоящего времени. Исследование этих задач можно предложить при внедрении STEM-образования в учебный процесс и выполнении научных исследований магистрантов и аспирантов.

Приведем некоторые проблемы, связанные с использованием основных уравнений теплотехники. Разработка технологических решений для использования тепловых труб и тепловых насосов в системах теплоснабжения является одним из важнейших научных и практических задач современности. Как видно из литературы [5, 6] возрастает интерес к разработке технологических решений для использования трубопроводов в системах теплоснабжения, моделированию соответствующих технологических процессов и определению основных физических параметров. Поэтому в настоящее время изучение их как с теоретической, так и с практической сторон, является одной из актуальных задач. В инженерно-физических объектах-процессах (например, тепловых, газовых и электрических) на основе законов физики используются дифференциальные уравнения Навье – Стокса или Максвелла. Путем упрощения этих уравнений устанавливают связь между параметрами и приходят к заключению о физических процессах. Конечно, результаты, полученные на основе этих упрощений, очень практичны и ценны. Однако методические указания, которые даются без учета наиболее важных физических параметров, носят локальный характер, приводят к большим расхождениям между теоретическими результатами и фактическими процессами. Скорее, результаты относятся к функциональной связи процесса, которая не полностью описывает его фактическое устойчивое состояние. Со второй половины прошлого века в приводимых научных исследованиях и экспериментах склонялись к варианту добавления дополнительных членов для уравнений Навье – Стокса в соответствии с состоянием реальных технологических процессов. Например, в научной монографии [6] показывается, что уравнения Навье – Стокса могут иметь решения, которые не соответствуют числу Рейнольдса в бесконечно удаленных областях (трубах), и изучаются дифференциальные уравнения с добавлением дополнительного линейного члена, хотя, как было отмечено, это добавление не является экспериментально обоснованным. В связи с этим вопрос добавления дополнительного параметра или члена к уравнению Навье – Стокса не снимается и в настоящее время.

Оптимизация инженерно-физических процессов с помощью нелинейных уравнений Навье – Стокса является одной из малоизученных проблем. Изучение неоднородных или несамосопряженных граничных условий, или влияния насосов в сетях теплопередачи, или добавления дополнительного члена к уравнениям Навье – Стокса, более подходящих для технологических процессов теплопроводности, является одной из актуальных проблем. В современных установках в процессе теплопередачи широко используются насосы, которые влияют на скорость теплового потока, что приводит к конвективному теплообмену в турбулентном тепловом потоке. В результате, автоматизация и нахождение оптимального режима работы насоса в зависимости от скорости, температуры и времени теплового потока в процессе теплопередачи являются одной из самых современных технологических проблем.

В данной работе для полного изучения инженерных и технологических процессов, т. е. для реальных процессов оптимального синтеза управления, нами предложен системный подход – оптимальная модель добавления функциональной зависимости управляющих функций от скорости потока жидкости в качестве дополнительного члена к уравнениям Навье – Стокса.

В связи с изложенными выше проблемами, была бы интересна в STEM-образовании следующая задача оптимизации уравнения Навье – Стокса и проведения соответствующих экспериментальных исследований.

Постановка задачи оптимизации дифференциальных уравнений Навье – Стокса.

Для нестационарного и нелинейного векторного дифференциального уравнения Навье – Стокса рассмотрим начально-граничные условия (плотность полагают $\rho = 1$) [5, 6]:

$$\mathcal{L}w \equiv w_t - \nu \Delta w + \alpha v_k w_{x_k} = -\text{grad}p + f + f_1, \quad \text{div}w = 0 \quad (5)$$

$$w|_{t=0} = a(x), \quad \text{div}a = 0, \quad w|_{S_T} = g(t), \quad (6)$$

где α – положительное число; $t \in [0, T]$; Ω – область (или тело) трехмерного Декартового пространства с достаточно гладкой поверхностью S , $Q_T = \Omega \times (0, T)$, $S_T = S \times [0, T]$; Δ – оператор Лапласа; ν – постоянный коэффициент вязкости. Обозначим через $L_2(Q_T)$ (или $L_2(\Omega)$) множество (пространство) трехмерных векторных функций, состоящих из компонент-функций, интегрируемых с квадратами в области Q_T (или Ω). Введем в этом пространстве обычное скалярное произведение и норму элементов. Считается, что в уравнении (5) $p = p(x, t)$ – давление, внешние силы $f = f(x, t)$ $f_1 = f_1(x, t)$ и в условиях (6) функции $g = g(t)$, $a(x)$ обладают необходимыми дифференциальными свойствами; $w(x, t) = (v_1(x, t), v_2(x, t), v_3(x, t))$ ($x = (x_1, x_2, x_3)$) – вектор-скорость жидкости; $w_t(x, t)$ – характеризует изменяющуюся во времени (локальную) скорость в точках x ; в уравнении (1) нелинейный вектор – член $v_k w_{x_k}$ – характеризует изменение скорости от точки к точке. Если $\alpha = 0$, то получим линейные нестационарные уравнения Навье – Стокса [6, 7]. В уравнении (5) f_1 – постоянно действующая сила. В нижеследующих рассуждениях оптимального моделирования граничные условия других типов (например, несамосопряженные граничные условия типа Бицадзе – Самарского [6]) рассматриваются аналогично, но с той разницей, что для применения метода спектрального разложения решения краевой задачи необходимо привлечь аппарат теории несамосопряженных операторов [6]. Существование и единственность решения задачи (5), (2) доказаны в [5, 6].

В граничных условиях (6) вектор-функция $g(t)$ описывает действие насоса в граничном режиме, а векторная функция f характеризует разницу между температурой поверхности греющего устройства и температурой жидкости (подъемную силу).

В условиях (5), (6) задача оптимального моделирования процесса теплопередачи формулируется следующим образом. Найти управляющие функции $g(t)$, $f(x, t)$, как функции скорости жидкости, т. е. найти синтезирующие $f = f(w, t)$, $g = g(w, t)$ управляющие функции, зависящие от вектора скорости w и добиться того, чтобы скорость управляемого потока жидкости приблизилась в точках x и

времени t к заданной нормальной скорости $\varphi(x, t)$ жидкости, а в конце управляемого процесса приблизилась также к заданной нормальной скорости $\psi(x)$ и таким образом, чтобы энергии сил (насоса, греющего устройства), действующие на конвективный теплообмен, были минимальны.

Тогда критерий задачи оптимального моделирования запишется следующим образом:

$$I[t_0, g, f] = \alpha_1 \int_{t_0}^T \|w - \varphi\|^2 dt + \\ + \alpha_2 \|w_T - \psi\|^2 + \int_{t_0}^T (\alpha_3 \|f\|^2 dt + \alpha_4 |g(t)|^2) dt, \quad (7)$$

где $t_0 = 0$; $w_T = w(x, T)$; $\alpha_i (i = 1, 2, 3, 4)$ – заданные положительные числа. Конец T управляемого процесса зафиксирован. Таким образом, задача оптимального управления заключается в том, чтобы найти синтезирующие функции $f = f(w, t)$, $g = g(w, t)$ управления, которые зависят от скорости потока и вместе с соответствующим им решением w начально-краевой задачи (5), (6) доставляющие функционалу (7) минимальное значение.

В литературе [5, 6] по исследованию математических моделей процесса теплопередачи, в основном, отмечаются две проблемы:

1) физические вопросы адекватности математических моделей процесса теплопередачи;

2) математические вопросы исследования нелинейных уравнений Навье – Стокса. Существует обширный список литературы, посвященный решениям этих проблем. Краткий обзор работ, посвященных этим проблемам, приведен в [5, 6].

В работе [5, 6] по оптимальному моделированию процесса теплопередачи вязкой несжимаемой жидкости был предложен метод линеаризации уравнения Навье – Стокса. Сущность предложенного там метода заключалась в замене в нелинейных членах компонентов искомого вектора – функции скорости течения жидкости с выбранными усредненными или другими постоянными значениями этих же компонентов из предшествующего времени или процессов. Тем самым нелинейные члены, учитывающие кинетическую энергию движения жидкости по координатным осям, заменяются на линейные члены, учитывающие скорости изменения вектора скорости. Такие линейные члены будут соответствовать процессу экспоненциального роста скорости частицы жидкости по координатным осям в турбулентном течении. В вышеупомянутой работе был предложен метод оптимального моделирования процесса теплопередачи, заключающийся в следующем.

1. Линеаризовать уравнение Навье-Стокса указанным выше способом.

2. Выбрать экспериментально или из аналогичных процессов известные функции скорости и приблизить скорости жидкости за заданное короткое время к выбранным функциям с помощью синтезирующих управляющих функций, т. е. решить линейно-квадратичную задачу оптимального синтеза. Для полного описания процесса теплопередачи добавить к уравнению Навье – Стокса линейный интегральный оператор с ядром, полученным из решения нелинейного операторного уравнения Риккати и функцию, полученную из решения линейной системы уравнений с известными данными задачи.

Такой метод линеаризации уравнений оправдан тем, что, во-первых, выбранные постоянные значения компонентов скорости движения можно принять как параметры и их можно оптимизировать по смыслу задачи, во-вторых, эти параметры можно выбрать как функции временного параметра. Кроме того, если процесс рассматривается в длительном периоде времени, то этот период времени можно разбить на несколько промежутков и построить многошаговый процесс, решая задачу для каждого шага с новыми параметрами, полученными из решения предыдущих периодов времени.

Приведем следующую схему линеаризации уравнений Навье – Стокса.

Постановка задачи

Для нестационарного и нелинейного двухмерного (трехмерный случай рассматривается аналогично) векторного дифференциального уравнения Навье – Стокса рассмотрим начально-граничные условия (плотность полагают $\rho = 1$) [5, 6]:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial t} + \alpha \left(v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_1}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta v_1 + f_1 + q_1 \\ \frac{\partial v_2}{\partial t} + \alpha \left(v_1 \frac{\partial v_2}{\partial x} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial y} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta v_2 + f_2 + q_2 \\ \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} v_1(x, y, 0) = a(x, y), v_2(x, y, 0) = b(x, y); \quad \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} = 0; \\ v_i(0, y, t) = g_{i1}(t), v_i(h, y, t) = g_{i2}(t), 0 \leq y \leq l; \\ v_i(x, 0, t) = 0, v_i(x, l, t) = 0, 0 \leq x \leq h; \quad i = 1, 2, \end{cases} \quad (9)$$

где α – неотрицательное число; $t \in [0, T]$; $(x, y) \in \Omega = \{0 \leq x \leq h, 0 \leq y \leq l\}$ –прямоугольная область с границей $S = \{x = 0, x = h; 0 \leq y \leq l; 0 \leq x \leq h; y = 0, y = l\}$, $Q_T = \Omega \times (0, T)$, $S_T = S \times [0, T]$; Δ - оператор Лапласа ν постоянный коэффициент вязкости; $w(x, y, t) = (v_1, v_2)$, $v_i \equiv v_i(x, y, t)$ – вектор-функция скорости жидкости, $p = p(x, y, t)$; $f = (f_1, f_2)$, $f_i = f_i(x, y, t)$; $q = (q_1, q_2)$, $q_i = q_i(x, y, t)$, $i = 1, 2$.

Считается, что в уравнении (1) $p = p(x, y, t)$, $\left(\frac{\partial p}{\partial x} = p_1, \frac{\partial p}{\partial y} = p_2\right)$ – давление, внешние силы $f = f(x, y, t)$, $q = q(x, y, t)$ и в условиях (9) функции $g_{ij}(t)$, $a(x, y)$, $b(x, y)$ обладают необходимыми дифференциальными свойствами. В уравнении (8) q – постоянно действующая сила. В граничных условиях (9) вектор функции $g_{i2}(t)$ описывают действия насоса в граничном режиме, а векторная функция f характеризует разницу между температурой поверхности греющего устройства и температурой жидкости (подъемную силу).

Сформулируем задачу оптимального моделирования процесса теплопередачи следующим образом.

Пусть $\alpha = 0$, тогда получим линейные нестационарные уравнения Навье – Стокса [6, 7] для компонентов вектор-функции $w(x, y, t) = (v_1(x, y, t), v_2(x, y, t))$ ($j_i = -p_i + q_i$, $i = 1, 2$):

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1}{\partial t} - \nu \Delta v_1 = f_1 + j_1 \\ \frac{\partial v_2}{\partial t} - \nu \Delta v_2 = f_2 + j_2 \\ \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} = 0 \end{cases} \quad (8')$$

В условиях (8'), (9) задача оптимального моделирования процессов теплопередачи формулируется следующим образом. Найти управляющие функции $g_{ij}(t)$, $f_i(x, y, t)$, $i, j = 1, 2$, как функции скорости жидкости, т. е. найти синтезирующие $f_i = f_i(v_i, t)$, $g_{ij} = g_{ij}(v_i, t)$ управляющие функции, зависящие от компонентов вектора скорости w и добиться того, что скорость управляемого потока жидкости приблизилась в точках x и времени t к заданной $\varphi(x, y, t) = (\varphi_1(x, y, t), \varphi_2(x, y, t))$ нормальной скорости жидкости, а в конце управляемого процесса приблизилась также к заданной нормальной скорости $\psi(x, y) = (\psi_1(x, y), \psi_2(x, y))$ и таким образом, чтобы энергии сил (насоса, греющего устройства), действующие на конвективный теплообмен были минимальны.

Для каждого компонента вектора скорости критерий оптимального моделирования запишется следующим образом [6] ($i = 1, 2$):

$$I_i[t_0, g_{ij}, f_i] = \alpha_1 \int_{t_0}^T \int_0^h \int_0^l (v_i - \varphi_i)^2 dt dx dy + \alpha_2 \int_0^h \int_0^l (v_i(x, y, T) - \psi_i(x, y))^2 dx dy + \alpha_3 \int_{t_0}^T \int_0^h \int_0^l f_i^2(x, y, t) dt dx dy + \int_{t_0}^T [\alpha_4 g_{i1}^2(t) + \alpha_5 g_{i2}^2(t)] dt, \quad (10)$$

$t_0 = 0$; $\alpha_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ – заданные положительные числа. Конец T управляемого процесса зафиксирован. Таким образом, задача оптимального управления формулируется следующим образом. Найти синтезирующие функции $f_i = f_i(v_i, t)$, $g_{ij} = g_{ij}(v_i, t)$ управления, которые зависят от компонента v_i скорости $w = (v_1, v_2)$ потока и вместе с соответствующим им решением начально-краевой задачи (8'), (9), доставляющие функционалу (10) минимальное значение.

Сформулированная задача решается методом динамического программирования, при этом оптимальные параметры, т. е. управления выражаются через функциональную производную v_i функционала Беллмана:

$$\begin{cases} f_i(x, t) = -\frac{1}{2\alpha_3} u_i(t, v_i) \\ g_{i1}(t) = -\frac{v}{2\alpha_4} \int_0^l u_{ix}(0, y, t) v_i(y, t) dy, \\ g_{i2}(t) = -\frac{v}{2\alpha_5} \int_0^l u_{ix}(l, y, t) v_i(y, t) dy \end{cases} \quad (11)$$

Функции управления, найденные по формулам (11), являются синтезирующими функциями управления, то есть, как потребовалось в сформулированной выше задаче оптимального моделирования, являются функциями, зависящими от скорости потока жидкости. Подставляя их в (8), (9), получим уравнения с начально-краевыми условиями, описывающие скорость оптимального потока жидкости.

Используя эти результаты в STEM-образовании, кроме математических вопросов, необходимо решить следующие задачи инженерно-технологического характера:

1. Экспериментально определить аналитические и графические виды априори задаваемых функций φ , ψ из (7).

Определить:

2. Функциональную зависимость граничного режима насосов.

3. Граничные условия для трубопроводов.

4. Вязкость жидкости.

5. Давление и плотность жидкости.
6. Кинетическую энергию движения жидкости по координатным осям.
7. Графические изображения по компьютерной команде 3-D, 4-D и др.

Кроме указанных выше задач, в STEM-образовании можно провести и другие задачи научно-технологических процессов, которые необходимо решить инженерам с использованием инновационной технологии. Например, в учебных дисциплинах по электротехнике и электронике часто сталкиваются с решением краевых задач для телеграфного уравнения. Предположим, что сопротивление, индуктивность и другие физические параметры распределены равномерно по длине электропровода. При этих предположениях сила тока определяется решением телеграфного уравнения

$$\frac{\partial^2 i}{\partial t^2} + \frac{RC+LG}{LC} \frac{\partial i}{\partial t} + \frac{RG}{LC} i - \frac{1}{LC} \frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = 0. \quad (12)$$

Заметим, что упомянутые выше физические параметры в уравнении (12) участвуют как постоянные величины и существенно влияют на поведение количественных потоков электрических зарядов по электропроводу. При этом отметим, что при использовании новых технологий электропроводов величины этих параметров могут изменяться. Определение физических параметров при использовании новой инновационной технологии и в электронике есть первостепенная задача STEM-образования.

В заключении отметим, что для внедрения STEM-образования в учебный процесс необходимо использовать новые компьютерные программы численного решения сложных дифференциальных уравнений с частными производными. С другой стороны, необходимо получить графическое изображение в пространстве в 4-х и более измерениях. В связи с этим предлагаем STEM-образование внедрить как STEM:IT-образование.

Заключение

1. Разработать программы внедрения STEM:IT-образования в учебный процесс.
2. Изучить динамические свойства экспериментально полученных физических параметров и решить задачи оптимального моделирования.
3. Методом имитационного моделирования уточнить полученную информацию и математические модели.
4. С целью внедрения STEM:IT-образования коренным образом изменить учебный план соответствующей специальности.

Список цитированных источников

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 8-nji iýulynda çykaran 179-njy Karary bilen tassyklanan Türkmenistanyň Prezidentiniň ýurdumyzy 2022–2028-nji ýyllarda durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň Maksatnamasy.
2. Berkarar döwletiň täze eýýamynyň Galkynyşy: Türkmenistany 2022-2052-nji ýyllarda durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň Milli maksatnamasy. Türkmenistanyň Milli Geňeşiniň Halk Maslahatynyň 2022-nji ýulyň 11-nji fewralynda geçirilen nobatdan daşary mejlisinde tassyklanyldy.
3. Nazarow, S. STEM-biliminde matematiki modelirlemäniň orny / Nazarow S., Rahymow M. // Berkarar döwletiň täze eýýamynyň galkynyşy döwründe ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalar : тезисы Междунар. науч. конф., 12–13 июня 2024 г., г. Ашхабад / Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasy. – Ашхабад, 2024.
4. Чучалин, А. И. Подготовка в вузе STEM:IT-профессионалов к инновационной деятельности в 3D командах. / А. И. Чучалин // Высшее образование в России. – 2022. – вып. 31. – № 8–9. – С. 79–91.

5. Nazarow, S. M. Rahymow, G. Hekimow, Optimal modeling of the heat transfer of a viscous incompressible liquid, / S. Nazarow, M. Rahymow, G. Hekimow : E3S Web of Conferences. – 2020. – V. 216. – art. 01059. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601059>.

6. Рахимов, М. Оптимальное моделирование процессов теплопередачи и колебаний. Методы динамического программирования и спектрального разложения / М. Рахимов : научная монография, LAP: LAMBERT Academic Publishing. – 356 с.

References

1. Türkmenistanyň Prezidentiniň 2022-nji ýulyň 8-nji iýulynda çykan 179-njy Karary bilen tassyklan Türkmenistanyň Prezidentiniň ýurdumyzy 2022–2028-nji ýyllarda durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň Maksatnamasy.

2. Berkarar döwletiň täze eýýamynyň Galkynyşy: Türkmenistany 2022-2052-nji ýyllarda durmuş-ykdysady taýdan ösdürmegiň Milli maksatnamasy. Türkmenistanyň Milli Geňeşiniň Halk Maslahatynyň 2022-nji ýulyň 11-nji fewralynda geçirilen nobatdan daşary mejlisinde tassyklanyldy.

3. Nazarow, S. STEM-biliminde matematiki mpedirlemäniň orny / Nazarow S., Rahymow M. // Berkarar döwletiň täze eýýamynyň galkynyşy döwründe ylym, tehnika we innowasion tehnologiýalar : тезисы Междунар. науч. конф., 12–13 июня 2024 г., г. Ашхабад / Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasy. – Ашхабад, 2024.

4. Чучалин, А. И. Подготовка в вузе STEM:ИТ-профессионалов к инновационной деятельности в 3D командах. / А. И. Чучалин // Высшее образование в России. – 2022. – вып. 31. – № 8–9. – С. 79–91.

5. Nazarow, S. M. Rahymow, G. Hekimow, Optimal modeling of the heat transfer of a viscous incompressible liquid, / S. Nazarow, M. Rahymow, G. Hekimow : E3S Web of Conferences. – 2020. – V. 216. – art. 01059. – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601059>.

6. Рахимов, М. Оптимальное моделирование процессов теплопередачи и колебаний. Методы динамического программирования и спектрального разложения / М. Рахимов : научная монография, LAP: LAMBERT Academic Publishing. – 356 с.

UDC

ARDUINO-BASED DEVICE MODELING: INDOOR AIR QUALITY OF SICT THE RESULTS OF EVALUATION STUDIES

T. Nomin-Erdene, Network technology” 3th year student, Mongolian University of Science and Technology, School of Information and Communications Technology, Information network and security industry, E-Mail: Laura33heh@gmail.com

L. Odonchimeg, ШУТИС, Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын салбарын дэд профессор, доктор (Ph.D Mongolian University of Science and Technology, School of Information and Communications Technology, Information network and security industry E-Mail: odno@must.edu.mn

Abstract

As the level of air pollution increases, it starts to damage our environment. But whenever the topic of air pollution comes up, we talk about the environment. Outdoor air pollution also affects indoor air. In our research, we measured indoor air pollution in University using Arduino boards, gas, humidity, and temperature sensors. In this work, we proposed a cheap air quality monitoring system based on Arduino uno microcontroller. The Arduino is connected to 2 sensors and the measured data is displayed on the LCD screen. The sensors used are DHT11 for humidity and

temperature sensors and Mq-2 for carbon dioxide (CO₂). Our device is a device capable of taking measurements of real-time conditions. Air pollution in the school environment was measured with this simulated device and the results were obtained.

Keywords: indoor air pollution, sensors, baseplates and control systems

I INTRODUCTION

Air pollution in buildings without indoor air flow is 2-5 times higher than outdoor air pollution, and in some serious conditions, it is 100 times higher. Indoor air pollution (IAP) is ranked among the top five environmental public health risks by the Environmental Protection Agency (EPA) Science Advisory Board (Environmental Protection Agency 2019). The concentration effect mentioned above is more relevant for people who spend more than 90% of their usual time at home or in the office. Although the health effects of increasing concentrations of indoor air pollution have not been thoroughly studied, studies have shown that indoor air quality has a greater impact on lung dysfunction [1].

The definition of indoor air pollution generally includes air pollution, introduction and distribution of outdoor air particles, relative humidity and temperature fluctuations. Humidity and temperature cannot be ignored because these thermal comfort parameters affect the level of protection of the indoor environment and are the basis of several complaints related to poor air quality [5].

The World Health Organization (WHO) has conducted a study that estimates that about 8 million people die each year due to air pollution worldwide, of which 4.3 million die from indoor air pollution sources alone (World Health Organization 2015; Apte and Salvi 2016). Most deaths due to indoor air pollution occur in middle- and low-income countries, with 52,000 in Europe, 82,000 in the United States, and 212,000 in the Middle East [2].

II main section

In this research, DHT11 (Humidity and Temperature sensor) was used as the humidity and temperature sensor. Carbon dioxide and MQ-2 gas detectors were coded and used. My device is basically running at 75 % capacity, measuring and coding the same as 80–90 % of our respective devices.

Purpose of the study:

- Improving the air environment inside the school
- See what environment you study and work in
- Make it clear that indoor air pollution is also dangerous

In order to carry out this research on a real device, the following objectives were set. In this:

✓ Review theoretical research by reading International academic materials in English

- ✓ Collect the boards and sensors to be used
- ✓ Make a connection by simulating device
- ✓ Experiment in a university setting
- ✓ Take measurements of indoor air pollution

Device cost:

1. Arduino Uno board – 35 000 MNT
2. DHT11 sensor – 5 000 MNT

3. MQ-2 sensor – 5 000 MNT
 4. Active buzzer – 5 000 MNT
 5. Resister – 1 000 MNT
 6. LCD display – 15 000 MNT
 7. Pin wire – 2 000 MNT
- Total cost – 68 000 MNT

III DEVICE MODELING

In our tests, we coded a variety of motherboards, gas sensors, humidity and temperature sensors. Below is the device code:

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

// Display data bytes
byte Degree[] = {
  B00111,
  B00101,
  B00111,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000
};

#include <DHT.h>

#define DHTPIN 6 // The pin that connects to DHT11
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int Analog_Input = A0;
int lpg, co;
int DI = 12;
int RW = 11;
int DB[] = {3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}; //
int Enable = 2;

void LcdCommandWrite(int value) {
  // define all pins
  int i = 0;
  for (i=DB[0]; i <= DI; i++) // assign a value
  {
    digitalWrite(i,value & 01); // For 1602 LCD, D7-D0 (not D0-D7) is used for
    signal recognition; Here it is used for signal inversion.

    value >>= 1;
  }
  digitalWrite(Enable,LOW);
  delayMicroseconds(1);
  digitalWrite(Enable,HIGH);
  delayMicroseconds(1); // wait 1 sec
  digitalWrite(Enable,LOW);
  delayMicroseconds(1); // wait 1 sec
}

void LcdDataWrite(int value) {
  // start all pings
```

```

int i = 0;
digitalWrite(DI, HIGH);
digitalWrite(RW, LOW);
for (i=DB[0]; i <= DB[7]; i++) {
    digitalWrite(i,value & 01);
    value >>= 1;
}
digitalWrite(Enable,LOW);
delayMicroseconds(1);
digitalWrite(Enable,HIGH);
delayMicroseconds(1);
digitalWrite(Enable,LOW);
delayMicroseconds(1); // wait 1 sec
}

void setup(){
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("DHT11 test!");

    dht.begin();
    Serial.begin(9600);

    lcd.init();
    lcd.backlight();

    // Create special characters:
    lcd.createChar(0, Degree);

    int i = 0;
    for (i=Enable; i <= DI; i++) {
        pinMode(i,OUTPUT);
    }
}

void loop(){

    // The data is read and stored in the h (humidity) and t (temperature) variables.
    //Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
    delay(2000); // Delay between sensor readings

    float humidity = dht.readHumidity();
    // Read the humidity
    float temperature = dht.readTemperature(); // The temperature is read in Celsius

    // Check if the read failed and exit early (try again).
    if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {
        Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
        return;
    }
    Serial.print("Humidity: ");
    Serial.print(humidity);
    Serial.print(" %\t");
    Serial.print("Temperature: ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" *C");

    // set cursor to (0,0):
    // Print from 0 to 9:

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.println(" Now Temperature ");

    lcd.setCursor(0, 1);

```

```

lcd.print("T:");
lcd.print("C");

lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print("H:");
lcd.print("%");

delay(1000); //Wait 1 sec

int val;
val=analogRead(0);// The gas value is read from analog 0
co=analogRead(0);
Serial.print("CO2=");
Serial.println( val,DEC);// Print the value to the serial port

lcd.print(" CO:");
lcd.print(co);
lcd.setCursor(0,1);

delay(1000);
}

```



Figure 1 – Arduino board design

Explanation 1. The Arduino uno board is a popular microcontroller board based on the ATmega328P microcontroller chip. It has 14 digital I/O pins (6 of which can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator (CSTCE16M0V53-R0), a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It is one of the most widely used Arduino boards due to its versatility, ease of use, and wide availability [11].

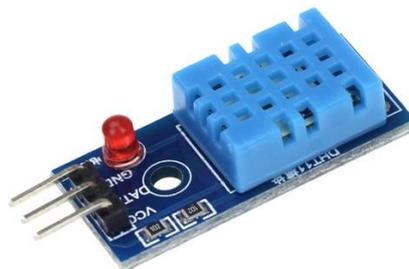


Figure 2 – DHT11 or humidity and temperature sensor

Explanation 2. The DHT11 is a basic, ultra-cheap digital temperature and humidity sensor. It uses a capacitive humidity sensor and a thermistor to measure the ambient air and output a digital signal to a data pin (no need for an analog input pin).



Figure 3 – MQ-2 or gas sensor

Explanation 3. The MQ-2 is Winsen's smoke and flammable gas detector. It can detect flammable gases in the range of 300 - 10000ppm. Its most common applications are highly sensitive household gas leak alarms and detectors for propane and smoke. It is also possible to code this gas meter to measure carbon dioxide [12].

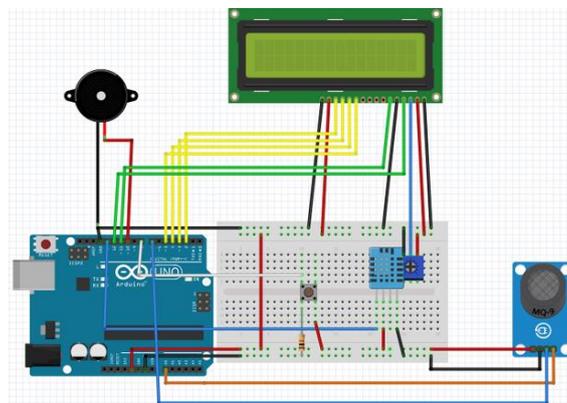


Figure 4 – Model made in the device simulation environment

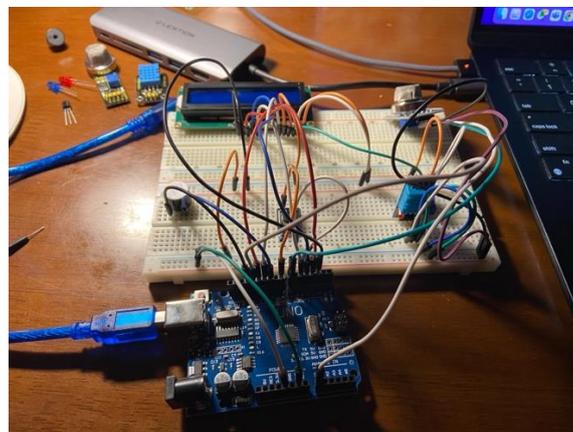


Figure 5 - The model of the connection made on the real device

IV RESEARCH METHODOLOGY

The object of the study was researched at the SICT of MUST. As for SICT, there are many students, and because of this, many students have to sit for long hours in small classes. Also, the glass parts for studying on each floor have a structure that cannot allow air circulation.

The following sensors and board were used in the study. In this:

1. Arduino uno board
2. Gas sensor
3. Temperature sensor

4. Humidity sensor

A. Methodology

We have created an air quality monitoring system that is cost effective and easy to use. using the active buzzer and restart button, we made the conversion, using the mq-2 sensor connected to the digital pin of the arduino uno as a carbon dioxide sensor, and the dht11 sensor as the key to get the humidity and temperature measurements.

We connected 2 sensors to arduino uno board with the aim of getting 4 types of data. The data read from the sensor will be processed by the arduino uno microprocessor and then the data will be displayed as numbers on the lcd screen.

The received results are analyzed according to the measured air quality thresholds. the stages of this study can be seen in figure 6.



Figure 6 – Research stage

B. Average value and perception of measurement constant

The indoor temperature is 18-22\degc. In terms of humidity, however, absolute humidity is used to measure the weight of water vapor in a unit volume of air. The unit of absolute humidity is g.m-3, that is, the unit of grams of water vapor per cubic meter of air. If the humidity itself rises above 65 %, it will cause mold and more humidity to inhibit. But normal humidity should not be more than 55 %.

Natural gas contains carbon dioxide, a combustible mineral made up of methane, and excess amounts cause air pollution problems. If carbon dioxide is between 400 and 1,000 parts per million (or ppm), that's a normal rating per million of air. If it exceeds 1000, it is considered serious and dangerous. [4].

Formula to convert PPM to mg/m³ [6]:

$$\text{Concentration (ppm)} = 24,45 \times \text{Concentration (mg/m}^3) \div \text{Molecular weight (1)}$$

C. Research results

Data collection was done in the school environment at 07:00 in the morning when students were not gathered and when children were most gathered. I also tried to get data samples from many locations here and there in the school.

Measurement locations:



Figure 7 – Sections A and B of the library



Figure 8 – Glass section for classrooms on the first and second floor

The results of air quality monitoring can be seen in table 1.

Table 1 – The results of air quality monitoring of SICT

Location	Carbon dioxide (ppm)		Humidity g.m-3 (%)		Temperature (°C)	
	No student	Many students	No student	Many students	No students	Many students
Library Section A	527	782	19%	39%	19.2°C	21.7°C
Library Section B	527	737	17%	39%	19.2°C	22.3°C
First floor glass section	385	920	15%	48%	19°C	24°C
Second floor glass section	387	892	27%	40%	17°C	23.7°C
Average	456.5	832.75	19.5%	41.5%	18.6°C	22.92°C

In terms of humidity, if it is more than 55 %, it is dangerous, but if it is too low, it is dry. In the locations where the measurements were taken, it is very dry when the students are not gathered, but after the gathering, the air inhaled by many people shows that the humidity increases in the closed environment. However, our carbon dioxide level is 920 ppm, which is a high level for the school. But in section A of the library, the range of 527–782 ppm shows that the humidity increases when many people breathe, which indicates that there is less air exchange when there are more students. But as a result of our measurements, the library room has a normal level of humidity and a high level of dryness.

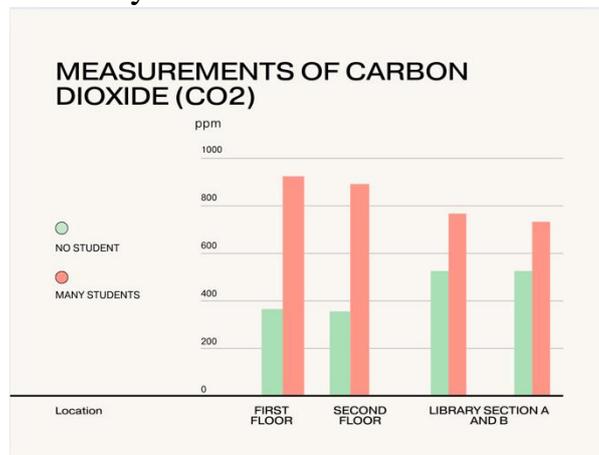


Figure 9 – Measurements of carbon dioxide

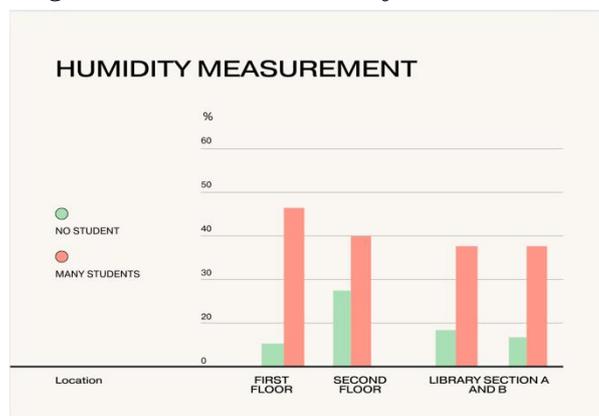


Figure 10 – Measurements in humidity

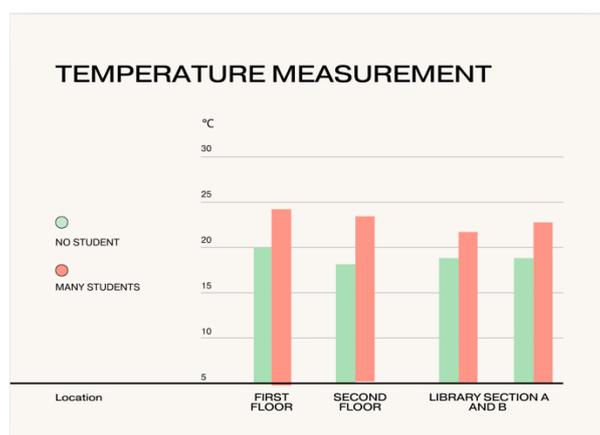


Figure 11 – Temperature measurement

CONCLUSION

As a result of this study, an inexpensive arduino-based air pollution measurement device was designed. It's an indoor air quality measurement system that uses an arduino uno as a microcontroller and sensors that can measure pollutants such as CO2 sensors, humidity sensors, and temperature sensors. This system is cost-effective and portable compared to existing fixed and expensive monitoring stations. It is also an easy-to-use, user- and researcher-friendly air quality detector whose performance is comparable to existing air pollution detectors. By measuring the indoor air where we live and work, it is convenient to improve the air and take measures against pollution.

According to the measurement results, if the humidity is more than 55 %, it is dangerous, but if it is too low, it is dry. In the locations where the measurements were taken, it is very dry when the students are not gathered, but after the gathering, the air inhaled by many people shows that the humidity increases in the closed environment. However, our carbon dioxide level is 920 ppm, which is a high level for the school. On the other hand, in section A of the library, the range of 527–782 ppm increases the risk of air pollution due to increased humidity due to increased breathing of many people. But as a result of our measurements, the library room has a normal level of humidity and a high level of dryness.

Therefore, it is advisable to clean the glass areas of the 1st and 2nd floors daily with wet cleaning and install air exchange equipment when students gather.

Our future plan is to add a WI-FI module to our arduino-based device and test it to turn it into an IoT-level device. By making it an IOT-level device, the values obtained on the device can be fully viewed on the phone using a web interface and an application.

References

1. Kemenkes RI. 2014. Tahun 2030 Prevalensi Diabetes Melitus di Indonesia Mencapai 21,3 Juta *Orang*. Artikel. www.depkes.go.id.
2. “Sensors for indoor air quality monitoring and assessment through Internet of Things: a systematic review” November 2020
3. “Review of the Performance of Low-Cost Sensors for Air Quality Monitoring”
4. Abdullah Al Ahasan, Md. Arduino-Based Real Time Air Quality and Pollution Monitoring System / Md. Abdullah Al Ahasan, Saumendu Roy, A. H. M. Saim [at al.] // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. – 2018. – Vol. 6 (4). – P. 81–86. – DOI:10.21276/ijrcst. 2018.6.4.8

5. Krishna, V. Siva Embedded System Based Air Pollution Detection in Vehicles / Krishna, V. Siva, S. Arun/ – 2015.
6. Kumar, S. Air quality monitoring system based on IoT using Raspberry Pi. / Kumar, S. and Jasuja A : International Conference on Computing, Communication and Automation/ – P. 1341–1346.
7. Kuncoro A. H., Mellyanawaty M., Sambas A. [at al.] // Journal of Advance Research in Dynamical & Control Systems 12. – 2020. – P. 2473–2479.
8. Gunawan, T. S., Munir Y. M. S., Kartiwi M., Mansor H. // International Journal of Electrical and Computer Engineering 8. – 2018. – P. 280–290.
9. Piedrahita, R. The next generation of low-cost personal air quality sensors for quantitative exposure monitoring / R. Piedrahita [et al.] // Atmospheric Measurement Techniques. – 2014. Vol. 7 (10). – P. 3325.
10. Kim, Sunyoung inAir: measuring and visualizing indoor air quality / Sunyoung Kim, Eric Paulos : Conference : UbiComp 2009 // Ubiquitous Computing, 11th International Conference, UbiComp 2009, Orlando, Florida, USA, September 30 – October 3, 2009. – DOI:10.1145/1620545.1620557.
11. Al-Dahoud, Ali Monitoring Metropolitan City Air-quality Using Wireless Sensor Nodes based on ARDUINO and XBEE. Ali Al-Dahoud, Mohamed Fezari, Ismail Jannoud [et al.] // New Developments in Circuits, Systems, Signal Processing, Communications and Computers. –2015/ – P. 121–125.
12. WHO. 2016. *Diabetes Fakta dan Angka*. Artikel:<http://www.searo.who.int/indonesia/topic>

УДК 004.415.25

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗВОЗА ТОВАРА СО СКЛАДА ПО ТОРГОВОМУ ЗАЛУ БЕСПИЛОТНОЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКОЙ

М. Д. Тарасевич, магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: makstar348@gmail.com

Реферат

В данной статье рассмотрена автоматизированная система развоза товара со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой.

Рассмотрены перспективы автоматизации системы развоза товара со склада по торговому залу. Описаны преимущества и недостатки автоматизированной и неавтоматизированной систем. Представлены схема развоза товаров со склада по торговому залу, структура системы автоматического управления и устройство беспилотной грузовой тележки.

Ключевые слова: торговый зал, склад, беспилотная тележка, транспортировка, автоматизация, датчик, система управления, мобильный робот, роботизация.

AUTOMATED SYSTEM FOR DISTRIBUTION OF GOODS FROM THE WAREHOUSE AROUND THE SALES FLOOR BY AN UNMANNED TROLLEY

M. D. Tarasevich

Abstract

This article discusses an automated system for distributing goods from a warehouse to a sales floor using an unmanned cargo trolley.

The prospects for automating the system for distributing goods from a warehouse to a sales floor are considered. The advantages and disadvantages of automated and manual systems are described. The structure of the automatic control system and the design of an unmanned cargo trolley are presented.

Keywords: sales floor, warehouse, unmanned cart, transportation, automation, sensor, control system, mobile robot, robotization.

Введение

Стремительный рост электронной коммерции и увеличение объемов продаж в розничной торговле создают потребность в эффективных и надежных системах развоза товаров. Традиционные методы, такие как ручной развоз или использование вилочных погрузчиков, могут быть неэффективными и ограниченными в больших магазинах или складских комплексах.

Автоматизированные системы развоза товаров играют все более важную роль в современном бизнесе, особенно в области розничной торговли. Одной из наиболее перспективных технологий в этой области являются беспилотные грузовые тележки [1–3]. Эти инновационные устройства обладают возможностью автономного перемещения и доставки товаров без прямого участия человека.

В статье рассмотрена автоматизированная система развоза товара со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой. Рассмотрена система управления, проведен анализ эффективности и безопасности такой системы.

Перспективы автоматизации системы развоза товара со склада по торговому залу

В современном мире доставка товаров играет ключевую роль в успешной операции снабжения и удовлетворении потребностей клиентов, особенно в сфере розничной торговли, где эффективная доставка товаров со склада в магазин является необходимым условием для обеспечения непрерывного пополнения товарных запасов и удовлетворения спроса потребителей. Однако существующие методы доставки, особенно в условиях ограниченного пространства внутри магазинов, могут быть трудоемкими и подверженными риску ошибок и задержек.

Сегодня этот процесс традиционно включает ручную загрузку товаров на транспортное средство, его перемещение к месту назначения и выгрузку товаров с последующим их распределением на полках магазина. Система обычной доставки товаров со склада в магазин представляет собой последовательность ручных операций, осуществляемых сотрудниками склада и магазина.

Обычная система доставки товаров требует значительных усилий и внимательности со стороны сотрудников склада и магазина. Возможны ошибки при загрузке, неправильное размещение товаров на тележке, потери времени на перемещение и физическую работу, а также риск повреждения товаров в процессе доставки. Автоматизация этого процесса позволит снизить нагрузку на сотрудников, улучшить точность и эффективность доставки товаров, а также повысить безопасность и качество процесса доставки, снизить риски повреждения и оптимизировать использование ресурсов. Однако, необходимо учитывать потенциальные проблемы и риски, связанные с техническими сбоями и безопасностью данных, а также предусмотреть обучение персонала для успешной реализации автоматизированной системы доставки.

Автоматизация позволит сократить время доставки, улучшить планирование и координацию задач, а также увеличить пропускную способность процесса доставки. Автоматизированная система позволяет точно отслеживать и контролировать движение товаров от склада до магазина, предотвращая потери, повреждения или неправильную отгрузку. Благодаря использованию современных технологий, таких как считывание штрих-кодов или RFID-меток, можно обеспечить автоматическое распознавание товаров и учет их перемещения.

Разработка автоматизированной системы доставки обосновывается также снижением затрат и увеличением общей эффективности процесса. Автоматизация позволяет сократить трудозатраты и операционные расходы, связанные с ручной доставкой товаров. Это может включать сокращение численности персонала, оптимизацию использования складских ресурсов и снижение потерь или повреждений товаров. В результате доставка товаров становится более экономически выгодной и эффективной.

Автоматизация процесса доставки способствует улучшению качества обслуживания клиентов. Благодаря более точному учету товаров и сокращению времени доставки, можно снизить вероятность ошибок при отгрузке и улучшить доступность товаров для покупателей. Кроме того, автоматизированная система позволяет предоставлять клиентам более точную информацию о статусе доставки и предсказывать сроки поставок, что повышает уровень удовлетворенности покупателей.

Таким образом, основываясь на оптимизации процесса доставки, увеличении точности и надежности, снижении затрат и увеличении эффективности, а также улучшении качества обслуживания, можно сделать вывод о необходимости разработки автоматизированной системы доставки товара со склада в магазин беспилотной грузовой тележкой.

Схема развоза товаров со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой представлена на рисунке 1.

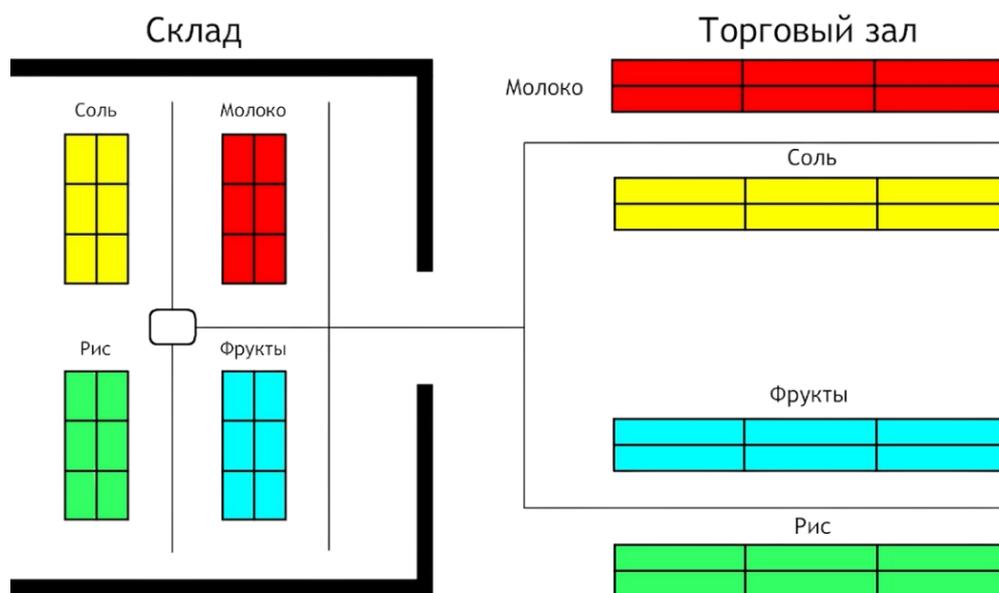


Рисунок 1 – Схема развоза товаров со склада по торговому залу беспилотной грузовой тележкой

Беспилотные грузовые тележки: характеристики и управление

Беспилотные транспортные средства в последние два десятилетия занимают существенную нишу в технологическом развитии общества. Разработаны беспилотные автомобили, которые в нынешнее время проходят тестирование на автомагистралях. В Британии, Сингапуре и Китае разрешены перевозки пассажиров такими транспортными средствами. Крупнейшая пивоваренная компания AB InBev начала использовать беспилотные грузовики.

Беспилотные тележки разделяются на два типа: с компьютерным зрением и без него. Разработка транспорта с компьютерным зрением довольно затратная в плане рабочего персонала и в плане денег. Сами тележки имеют в себе программное обеспечение, в которое входит нейросеть, вычисляющая траекторию пути и обеспечивающая безопасность окружающих.

Беспилотная тележка (AGV – Automatic guided vechicle) – транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. Тележка автоматическая, следовательно, для управления тележкой не требуется отдельный оператор - они двигаются по заданной траектории в автоматическом режиме без участия человека [4].

Беспилотная грузовая тележка, разработанная студентами БрГТУ и изготовленная на предприятии ООО «Фина» (рисунок 2), снабжена всеми необходимыми системами и элементами безопасности, может эксплуатироваться на вредных или опасных производствах, в местах скопления людей и других движущихся тележек [5, 6]. Имеется патент [7].



Рисунок 2 – Беспилотная грузовая тележка

Основные технические характеристики:

- 1) грузоподъемность – до 150 кг;
- 2) средняя скорость движения – 5 км/час, максимальная – 10 км/час;
- 3) заряд аккумуляторов рассчитан на двухсменную, непрерывную работу;
- 4) время заряда аккумуляторов – 8–12 часов.

Рассмотрим предполагаемую структурную схему системы автоматического управления беспилотной грузовой тележкой (рисунок 3).

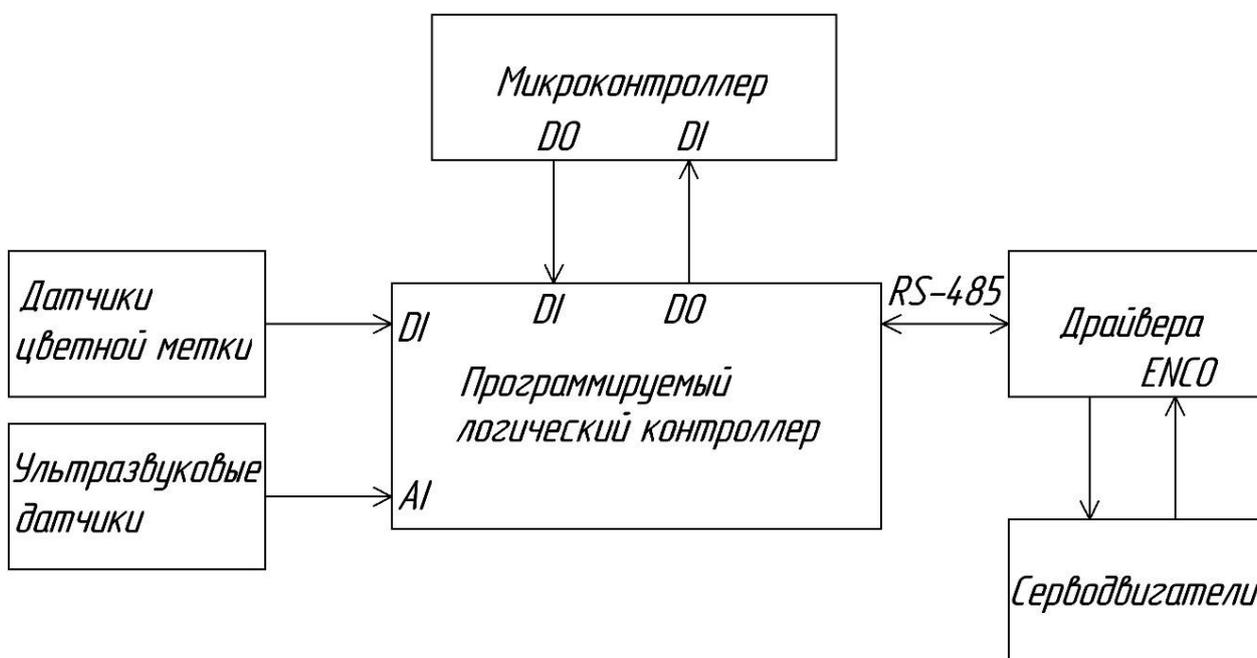


Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматического управления

Микроконтроллер, связанный с сервером склада, подает дискретные сигналы на программируемый логический контроллер и получает дискретные сигналы обратной связи. Программируемый логический контроллер, в свою очередь, связан с драйверами серводвигателей по интерфейсу RS-485. К драйверам подключены серводвигатели, а обратная связь осуществляется при помощи встроенных в серводвигатели энкодеров (датчиков угла поворота). Также к программируемому логическому контроллеру подключены датчики цветной метки и ультразвуковые датчики.

Устройство беспилотной грузовой тележки

Каркас. Каркас является основанием для крепления всех устройств беспилотной тележки. Каркас должен быть разработан с учетом максимальной массы перевозимого груза. При этом каркас должен быть легким по массе для уменьшения нагрузки на приводную систему, а следовательно, для увеличения автономности работы и срока службы батарей.

Встроенный контроллер. Уровень интеллекта тележки зависит от производительности встроенного контроллера и заложенного в него программного обеспечения. Базовая схема тележки использует микроконтроллер или ПЛК для выполнения задач сбора данных с датчиков, связи с центральной системой управления и контроля над приводной системой тележки. В некоторых продвинутых схемах используется производительный ARM-чип, выполняющий операционную систему роботов (ROS) для решения этих задач. Контроллер, а также цепи управления должны быть защищены от электромагнитных помех, наводимых как внешней средой (например, излучение от систем и оборудования предприятия), так и внутренней (например, приводная система тележки).

Сенсоры и оборудование навигации. Типы датчиков, которыми оснащены тележки, зависят от подхода к навигации. Ультразвуковые датчики используются для обнаружения ближних препятствий, инфракрасные – направляющей линии, электромагнитные – электрических проводов. Камеры можно использовать

для захвата меток с QR-кодом. Модули RFID можно использовать для считывания RFID-меток. Лазерный сканер используется для обнаружения окружающих препятствий и рефлекторов. Некоторые интеллектуальные схемы, используемые для навигации лазерный сканер или камеру глубины, не зависят от какого-либо оборудования навигации (рефлекторов, магнитных дорожек и др.).

Устройства связи. Тележка нуждается в беспроводной связи, поэтому обычно используется WLAN с MIMO-антенной, имеющий высокий стандарт конструкции с электромагнитной совместимостью, что очень важно в случае взаимодействия тележки с центральной системой управления предприятием, технологическим оборудованием, а также пунктами сбора статистической информации. Технология 5G применяется на беспилотных тележках производства Ericsson и China Mobile, обеспечивая более высокую надежность и безопасность.

Батарея. В беспилотных тележках можно использовать различные типы батарей, включая свинцово-кислотные с жидким электролитом (WET), никель-кадмиевые (Ni-Cd), литий-ионные (Li-Ion) и свинцово-гелевые (GEL). В основном используется Li-Ion из-за своих малых размеров, низкого саморазряда, высокой плотности энергии. WET батарея имеет более низкую стоимость, чем Li-Ion, также она довольно тяжелая, что может быть использовано для противовеса вилочного погрузчика. Недостатки WET батареи – медленная зарядка и создание газа при ней. GEL и Li-Ion батареи заряжаются быстрее и более экологичны, не выделяют газов, но требуют обслуживания.

Двигатель. Двигатель тележки обычно устанавливается с энкодером с целью расчета и предоставления информации о пройденном пути. Типы двигателя, которые используются в тележке: мотор-редуктор постоянного тока, бесщеточный двигатель постоянного тока, серводвигатель. Эти двигатели выбираются на основе их влияния на гибкость и точность перемещения беспилотной тележки.

Тип привода. Тип привода делится на одноколесный, дифференциальный и всенаправленный. Одноколесный привод означает, что ведущее колесо имеет функцию рулевого управления, а два ведомых колеса установлены неподвижно. Дифференциальный привод имеет два ведущих колеса, которые используют разницу скоростей для реализации поворота. Всенаправленный привод гораздо более гибкий, благодаря ему тележка способна двигаться в любом направлении без необходимости поворота.

Центральная система управления. Она отвечает за планирование задач, управление движением, планирование маршрута, автоматическую зарядку, отправку управляющих сигналов, получение данных о состоянии и некоторые другие функции. Данные о состоянии обычно включают положение в пространстве, скорость, оставшуюся емкость батареи и др. Она анализирует все эти данные, чтобы назначить тележке новые рабочие задачи, выработать наиболее разумный маршрут и последовательность действий, предотвратить несчастные случаи при столкновении, предписать тележке двигаться к зарядной станции при низком заряде батареи. В состав ЦСУ входят средства человеко-машинного интерфейса, такие как сигнальная и управляющая аппаратура, панели оператора, переключатели безопасности и аварийного останова.

Один из вариантов устройства беспилотной грузовой тележки приведен на рисунке 4.

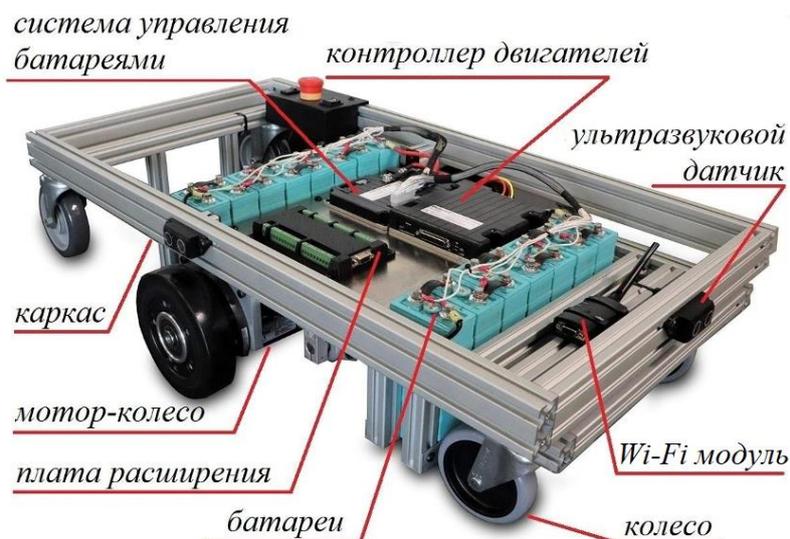


Рисунок 4 – Устройство беспилотной грузовой тележки

Заключение

В целом следует резюмировать, что беспилотный транспорт представляет собой инновационную и перспективную область развития, однако для его успешного внедрения необходимо решить ряд существующих проблем и вызовов. Работа над улучшением безопасности, разработка новых типов управления позволит создать благоприятные условия для развития беспилотного транспорта и его успешного использования в различных отраслях экономики [8–10].

Внедрив описанную в статье систему, можно улучшить процесс доставки товаров со склада в магазин, то есть упростить доставку товара, уменьшить время доставки, уменьшить нагрузку на персонал, увеличить продуктивность работы склада. Внедрение системы позволит оптимизировать работу склада и магазина. Таким образом, система обладает высоким потенциалом и может быть эффективно применена для решения задач доставки товаров со склада.

Список цитированных источников

1. Шуть, В. Н. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В. Н. Шуть, Л. Персия. – Брест : БрГТУ, 2017. – 230 с.
2. Пегин, П. А. Современные тенденции развития бортовых интеллектуальных транспортных систем / П. А. Пегин, Д. В. Капский, В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // СПб. : СПбГА-СУ, 2019. – 198 с.
3. Шуть, В. Н. Интеллектуальная грузовая беспилотная тележка / В. Н. Шуть, Е. В. Василюк // Проблемы безопасности на транспорте : материалы 12 междунар. конф., посвящ. 160-летию белорусской железной дороги, Гомель, 24–25 нояб. 2022 г. ; в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорусский гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 89–90.
4. Патент на полезную модель ВУ12995, Респ. Беларусь, МПК G01C21/04 / Устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении : № и 20220011; заявл. 14.01.2022; опубл. 01.08.2022 / В. Н. Шуть, Н. У. Ляшук, И. В. Колядич, Е. В. Василюк, Я. О. Заречный, А. О. Заречный, Н. С. Монтик, А. В. Бойко, И. С. Николайчик; заявитель и патентообладатель ООО «Фина» – 11 с.
5. Ляшук, Н. У. Транспортировка продукции на технологических линиях мясожировых производств / Н. У. Ляшук, В. Н. Шуть, Е. В. Василюк [и др.] // Мясная индустрия. – 2021. – № 11. – С. 8–12.

6. Ляшук, Н. У. Применение беспилотных транспортных тележек в технологических линиях мясожировых производств / Н. У. Ляшук, В. Н. Шуть, Е. В. Василюк / Мясные технологии. – 2022. – № 10. – С. 42–46.

7. Патент на полезную модель BY13516, Республика Беларусь, МПК G01C21/04 / Устройство ориентации и навигации тележки мобильного робота при его перемещении по горизонтальной поверхности в заданном помещении : № u 20240002; заявл. 03.01.2024; опубл. 01.07.2024 // В. Н. Шуть, Е. В. Василюк, И. С. Туз, М. Д. Тарасевич, Е. В. Швецова; заявитель и патентообладатель Брестский гос. технич. ун-тет. – 11 с.

8. Shuts, Vasili Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / Vasili Shuts, Valery Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – P. 52–60.

9. Пролиско, Е. Е. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть : сб. научн. трудов по мат. междунар. заочной научно-практич. конф. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, Воронеж, 2016 г. – Воронеж : ВГЛУ, 2016, Т. 4, № 5, ч. 3 – С. 336–341.

10. Пролиско Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть : материалы науч.-технич. конф. «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы», Брест, 25–28 мая 2016 г. – Брест : БрГТУ, 2016 – С. 49–54.

References

1. Shut' V.N., Persia Luka. Intellektual'nye robototekhnicheskie transportnye sistemy / V.N. Shut', L. Persia - Brest: Izdatel'stvo UO «BrGTU», 2017. – 230s. – ISBN 978-985-6744-41-2.

2. Pegin, P.A. Sovremennye tendencii razvitija bortovyh intellektual'nyh transportnyh sistem / P.A. Pegin, D.V. Kapskij, V.V. Kas'janik, V.N. Shut' // SPb : SPbGASU, 2019. – 198s.

3. V. N. Shut', E. V. Vasiljuk // Intellektual'naja gruzovaja bespilotnaja telezhka // Problemy bezopasnosti na transporte : Materialy 12 mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennoj 160-letiju belorusskoj zheleznoj dorogi, Gomel', 24 – 25 nojabrja. 2022 g. V 2 ch / M-vo tranp. i kommunikacij Resp. Belarus', Bel. zh. d, Belorus. gos. un-t transp. ; Pod obshh. red.: Ju. I. Kulazhenko. – Gomel' : BelGUT, 2022. – S. 89-90.

4. Patent na poleznuju model' BY12995, Respublika Belarus', MPK G01C21/04 / Ustrojstvo orientacii i navigacii telezhki mobil'nogo robota pri ego peremeshhenii po gorizontal'noj poverhnosti v zadannom pomeshhenii // V. N. Shut', N. U. Ljashuk, I. V. Koljadich, E. V. Vasiljuk, Ja. O. Zarechnyj, A. O. Zarechnyj, N. S. Montik, A. V. Bojko, I. S. Nikolajchik, zajavitel' i patentoobladatel' OOO «Fina» – № u 20220011; zajavl. 14.01.2022; opubl. 01.08.2022 – 11 s.

5. N. U. Ljashuk, V. N. Shut', E. V. Vasiljuk, I. S. Nikolajchik, V. R. Lazaruk // Transportirovka produkcii na tehnologicheskijh linijah mjasozhirovych proizvodstv // Mjasnaja industrija. – 2021. – № 11. – S. 8–12.

6. N. U. Ljashuk, V. N. Shut', E. V. Vasiljuk, A. O. Zarechnyj, A. L. Mihnjaev, D. V. Krupko, E. V. Shvecova // Primenenie bespilotnyh transportnyh telezhok v tehnologicheskijh linijah mjasozhirovych proizvodstv // Mjasnye tehnologii. – 2022. – № 10. – S. 42-46.

7. Patent na poleznuju model' BY13516, Respublika Belarus', MPK G01C21/04 / Ustrojstvo orientacii i navigacii telezhki mobil'nogo robota pri ego peremeshhenii po gorizontal'noj poverhnosti v zadannom pomeshhenii // V. N. Shut', E. V. Vasiljuk, I.S.Tuz, M.D.Tarasevich, E.V.Shvecova, zajavitel' i patentoobladatel' Uchrezhdenie obrazovanija «Brestskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet» – № u 20240002; zajavl. 03.01.2024; opubl. 01.07.2024 – 11 s.

8. Vasili Shuts, Valery Kasyanik. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport. // Transport and Telecommunication. – 2011. – V. 12, No 4. – R. 52-60.

9. Prolisko E.E., Shut' V.N. Vysokoproizvoditel'nyj vid gorodskogo passazhirskogo transporta na baze sovremennyh informacionnyh tehnologij / Sb. nauchn. trudov po mat. mezhdunar. zaочноj nauchno-praktich. konf. «Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika», Voronezh, 2016 g. – Voronezh : VGLTU, 2016, t. 4, № 5, ch. 3 – s. 336-341.

10. Prolisko E.E., Shut' V.N. Dinamicheskaja model' raboty transportnoj sistemy «INFOBUS» / Materialy nauchno-tehničeskoj konferencii «Iskusstvennyj intellekt. Intellektual'nye transportnye sistemy». Brest, Belarus', 25-28 maja 2016 g. – Brest : «BrGTU», 2016 – s. 49-54.

THE INTELLIGENT INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS: POSSIBILITIES AND PROSPECTS OF APPLICATION IN RAILWAY TRANSPORT

O. A. Khodoskina, Ph.D. (Econ.), Associate Professor of the Department of Transport Economics, Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus, e-mail: for_diplomnic@mail.ru

Abstract

The article considers the concept of intelligent information and management systems, as well as the possibilities of their application in railway transport in the field of organizing the transportation process, as well as reserves for increasing the efficiency of production and economic activities of railway transport enterprises, consisting in the current digital transformation of the transport industry (implementation of artificial intelligence elements at various stages of organizing the transportation process in railway transport). At the same time, it is important to be able to assess the effect obtained from the introduction of multi-level intelligent information and management systems by assessing through economic and mathematical modeling and, as a result, assessing the potential savings in operating costs. The introduction of intelligent management systems in organizing the transportation process at railway enterprises will ensure the required volume of incoming and outgoing information flows, and therefore provide the necessary "working" information of the appropriate volume and quality to specialists of various services and enterprises.

Keywords: digitalization, artificial intelligence, rail transport, information flows, automation of the transportation process.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ СИСТЕМ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

O. A. Ходоскина, к. э. н., доцент кафедры экономик транспорта, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь, e-mail: for_diplomnic@mail.ru

Реферат

В статье рассмотрено понятие интеллектуальных информационно-управленческих систем управления, а также возможности их применения на железнодорожном транспорте в области организации перевозочного процесса, а также резервы повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта, заключающиеся в актуальной цифровой трансформации транспортной отрасли (внедрения элементов искусственного интеллекта на различных этапах организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте). При этом важно иметь возможность оценить полученный эффект от внедрения разноуровневых интеллектуальных информационно-управленческих систем путем оценки посредством

экономико-математического моделирования и, как результат, – оценки потенциальной экономии эксплуатационных затрат. Внедрение интеллектуальных управленческих систем в организации перевозочного процесса на предприятиях железной дороги позволит обеспечить требуемый объем входящих и исходящих информационных потоков, а значит обеспечить необходимой «рабочей» информацией соответствующего объема и качества специалистов различных служб и хозяйств.

Ключевые слова: цифровизация, искусственный интеллект, железнодорожный транспорт, информационные потоки, автоматизация перевозочного процесса

Introduction

The economic and technological development of social systems in the modern world can be characterized as the initial stage of the functioning of the sixth technological order. Its essence lies in the fact that microelectronic components occupy key positions in it. At the same time, its dynamic evolutionary development is ensured not only by the widespread distribution and implementation of various variable modifications of computing equipment in all areas of life, but primarily by the active use of Internet technologies and cloud technologies. The growth of the importance and value of information, as well as the widespread use of personal portable communication devices of various specifications at various levels of management, along with the active development of the digital economy, is an evolutionary stage in the development of digitalization. The comprehensive penetration and expansion of the influence of digitalization at all levels of the public administration system and the national economy and, as a consequence, the increase in the volumes of data required in production, the collection and analysis of which form the basis of digitalization processes, makes it necessary to move to a more advanced set of information processing tools that ensure the implementation of characteristic functions and tasks at all management levels (both at the macro and micro levels), including not only material production, but also the service sector. Achieving this result is possible through the use of intelligent control systems of various kinds, which are unique systems capable of not only analyzing, but also understanding and recognizing changes in the objects under study and the external environment that affect the object and the operating conditions of production and transport systems, formulating reasonable conclusions and, ultimately, an analytical report. At the same time, intelligent systems include as a functional feature the ability of autonomous intelligent technological self-learning in the process of their functioning, as well as diagnosing and predicting the development and behavior of elements of the transport system as a controlled object on the one hand and as a control system on the other hand.

Main part

A large number of studies and developments over a long period of time have been devoted to the study and application of various types of intelligent products at different stages of management activities (from the direct organization of technological processes to organizational and managerial processes) both in production and in transport and transport and logistics systems. This allows us to confidently trace the evolutionary nature of the development of approaches to the creation, digitalization and increase in the technological efficiency of information systems, as well as the

construction on their basis of technical and technological and economic and mathematical models characterizing the entire system of organizing the transport process. The works of D. Bell, M. Wiener, A. Turing, D. Marcellus, D. Naisbitt, M. Castells are devoted to the problems and prospects of introducing intelligent systems into production processes [1]. Along with this, quite large-scale studies were conducted on the possibilities of implementing and updating modern artificial intelligence technologies in various spheres of human activity. Today, the integration of artificial intelligence and its element-by-element application in various parts of the organization of the transportation process is no longer surprising. In railway transport, the organization of transportation work is a complex systemic process that includes a large number of elements and relationships between them (including physical elements - individual railway transport enterprises and infrastructure components). It should be noted that considerable attention is paid to the characteristic and specific features of data storage and processing, technologies using intelligent algorithms: virtual and augmented reality, the Internet of things, cloud technologies, blockchain, etc. At the same time, it should be noted that the current stage of digital transformation processes is penetrating into an increasing number of spheres of the national economy. Therefore, the transport industry is no exception, but rather the opposite - it carries the potential for priority digital development, since it is here that new challenges arise, the need to improve logistics management processes and financial and information flows. Forecasting and predictive analytics technologies have the greatest potential for application in the transport sector. The already existing accumulated volume of information data in the context of structural divisions of transport of various operational focus can be used to assess the condition of the assets in operation, identify reserves and prevent threats that lead to unplanned failures and disruptions in operation, record the probability of failure and the remaining resource in real time. In practice, these measures will reduce equipment operating costs, advertising costs and significantly increase the competitiveness of transport enterprises [2]. The use of artificial intelligence as a significant element of industry intelligent management systems, as well as socio-economic and production-labor systems includes such relevant elements as unmanned high-speed trains, the introduction of "Smart Cities" systems. These concepts are based on the model of so-called "digital twins", containing a set of structured data on the appearance of an object, its functions, condition, external interventions, structural and qualitative characteristics, and much more. It allows for the most accurate prediction of the state of an object when an emergency situation occurs [3].

The relevance of using modern intelligent systems in the transport sector is primarily due to the comprehensive role of transport, covering all levels of state functioning. That is why intelligent railway systems of various levels and applications are becoming increasingly common in the practice of multi-level production and economic systems. It is important to note that railway transport is a complex multi-level dynamic system with many factor parameters and resulting performance indicators, characterized by a strict hierarchy of building relationships in the organization of operational work. In this regard, it can be assumed that the introduction and subsequent development of artificial intelligence technologies holds significant promise and can bring a number of the following effects:

- new opportunities for improving and updating the management system and organization of operational work of the railway as a whole, its divisions and transportation processes, which would reduce operating costs;
- implementation of a program to optimize the carrying capacity of sections, improve the system for ensuring the safety and reliability of transportation, the introduction of unmanned rolling stock, intelligent management of the railway infrastructure, which would reduce fuel costs and payment for the work of locomotive crews;

- obtaining operational information about the operating mode and the occurrence of failures of technical equipment, their remaining life, optimization of repair cycles, ways to reduce energy consumption and save other resources, which would reduce the material costs of structural divisions of railway transport [4].

To obtain a common result, these effects can be combined by defining a complex indicator that includes the product of the corresponding functions characterizing each type of effects that can be obtained. In general, a complex indicator of the effectiveness of the use of an artificial intelligence system in organizing rail transportation can be presented as follows:

$$K_{\text{intci}} = \prod_{i=1}^n f_i,$$

where K_{intci} – is a complex indicator of the effectiveness of the application of the artificial intelligence system; f_i – are functional dependencies (their calculated results) characterizing the individual effects from the implementation and use of the artificial intelligence system, i – is the number of significant effects from the implementation and use of the artificial intelligence system.

It should be noted that the functional dependencies characterizing the individual effects of the implementation and use of the artificial intelligence system should take into account all factors reflecting: updating the management system of railway divisions and transportation processes, as well as the organization of operational work, optimization of the carrying capacity of sections, improvement of the system for ensuring the safety and reliability of transportation, the introduction of unmanned rolling stock in passenger, freight traffic and shunting operations, intelligent management of the railway infrastructure. The calculation of this complex indicator can result in the determination of a real economic effect expressed not only in the potential for reducing costs, but also in real savings in the costs of servicing rolling stock, infrastructure and the organization of the railway transportation process as a whole. It is important to note that obtaining this effect becomes possible in the case of using a technology based on the creation of a developed system of client places that allow input, primary processing of information directly at the places of its origin with further transfer of information to a single database. For example, with the timely formation of detailed reports on failures of automation, telemetry and communication devices, malfunctions, train stops due to the occurrence of emergency situations of various kinds for an arbitrary period and for an arbitrary parameter, we can talk about the emergence of the ability to identify typical malfunctions and their causes in the operation of devices, as well as speed up the search for their causes and take timely measures to prevent failures. The use of intelligent information flow management systems in the field of operational work of transport enterprises would make it possible in the future to automate the process of monitoring and managing objects in various sectors of the national economy [6].

In the case of the introduction of a system of this type at railway enterprises, it would be possible to ensure the required volume of information flow at the input and output, and therefore provide information of the appropriate quality to specialists of various services and enterprises. The creation of a unified information and management base used for recording and analyzing failures in devices of various operational nature would reduce the time and labor costs for processing this information, thereby activating the resource potential in the area of saving operating costs in various areas of railway transport.

Conclusion

In conclusion, it should be noted that the introduction of digital technologies in the field of railway transport, in particular the creation and use of updated information and management systems, is due to the need to automate the management of transportation processes, increase the safety of the transport system, as well as the need to optimize the main operational processes by automating the process of accounting, planning and management of railway resources. This requires ensuring control over the reliability of the entered data, updating them and maintaining the confidentiality of the information used. The capabilities of artificial intelligence carry great potential in the case of their actual application in the field of railway transportation, allowing to increase their safety, as well as managerial and economic efficiency.

References

1. Okrepilov, V. V. Osnovy iskusstvennogo intellekta v professional'noj dejatel'nosti : uchebnoe posobie / V. V. Okrepilov, A. S. Stepashkina, E. A. Frolova. — SPb. : GUAP, 2022. — 153 p.
2. Doroshkova, M. A. Cifrovizacija zheleznodorozhnogo transporta: sovremennye napravlenija i razrabotki / M. A. Doroshkova, E. N. Efremova // Tehnika i tehnologii nazemnogo transporta : Materialy IV Mezhdunar. Studench. Nauch.-praktich. Konf., Nizhnij Novgorod, 14 dek. 2022 g. — Filial Samarskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija v g. Nizhnem Novgorode, 2022. — P. 648–653.
3. Hodoskina, O. A. Primenenie jelementov «cifrovogo dvojnika» kak faktor povyshenija konkurentosposobnosti transportnoj usluzi / O. A. Hodoskina, A. V. Chernevskaja : Mezhdunar. Sb. Nauch. trudov Rynok transportnyh uslug (problemy povyshenija jeffektivnosti) ; pod red. prof. V. G. Gizatullin. — P. 360–362.
4. Ovchinnikova, A. O., Chernevskaja A. V. Primenenie jelementov tehnologii «cifrovogo dvojnika» na predpriyatijah zheleznoj dorogi / A. O., Ovchinnikova, A. V. Chernevskaja // Tehnika i tehnologii nazemnogo transporta : Mezhdunar. Studench. nauch.-praktich. konf., 14 dek/ 2022 g. — Nizhnij Novgorod.
5. Hodoskina, O. A., Chernevskaja A. V. Jekonomicheskij aspekt primenenija jelementov cifrovogo dvojnika na predpriyatijah Belorusskoj zheleznoj dorogi — Problemy bezopasnosti na transporte / O. A. Hodoskina, A. V. Chernevskaja : materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 160-letiju Bel. zh. d., Gomeľ, 24–25 nojab. 2022 g. : v 2 ch. Ch. 2 / M-vo transp. i komunikacij Resp. Belarus', Bel. zh. d., Belorus. gos. un-t transp.; pod obshh. red. Ju. I. Kulazhenko. — Gomeľ, 2022. — P. 371–373.
6. Khodoskina, O. A. Functioning features of digital integrated transport and logistis systems at the present stage of economic development / O. A. Khodoskina, M. A. Doroshkova // Cifrovaja transformacija transporta: problemy i perspektivy / Cifrovye tehnologii transporta i logistiki : materialy III Mezhdunar. nauch.-praktich. ronf., Moskva, 27 sent. 2023 g. / pod obshh. red. S. P. Vakuļenko, V. E. Nutovich, A. S. Bratusja, [et al.] — M. : RUT (MIIT), 2023. — P. 69–74.

СЕКЦИЯ 4
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПОДГОТОВКА КАДРОВ

УДК 331.214

КОРПОРАТИВНОЕ СТРАХОВАНИЕ ЖИЗНИ СОТРУДНИКОВ

*Е. Г. Беликова, Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь*

*У. А. Волынец, Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь*

*М. Д. Гойшик Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь, rita2005654@gmail.com*

Реферат

В научной работе рассматривается один из наиболее эффективных способов привлечения сотрудников – корпоративное страхование жизни, его преимущества и для сотрудников и нанимателя. Способом завлечения грамотных работников является предоставление им материального стимулирования. Материальное стимулирование имеет два ключевых типа. Материальное поощрение денежными средствами (оплата по тарифам и окладам, премии, доплаты, штрафы и др.) и материальное поощрение различными материальными благами (жилищная площадь, предметы быта, путевки и другое). Одним из наиболее эффективных способов привлечения сотрудников является корпоративное страхование жизни.

Корпоративное страхование нельзя рассматривать как отдельный вид страховых услуг. Это скорее комплексный подход, в котором используются привычные методы страхования, включая КАСКО и страхование рисков. При этом набор этих методов и их особенности и составляют суть корпоративного страхования

Корпоративное страхование уникально с точки зрения комплексного подхода к предоставлению услуг. Страховщики предлагают организациям ряд страховых услуг, по которым заключаются договоры. Корпоративное страхование не ограничивается заключением одного договора страхования. Поэтому оно является наиболее эффективным средством защиты от рисков.

Ключевые слова: корпоративное страхование, материальное стимулирование, работники, льготы, компания.

CORPORATE LIFE INSURANCE OF EMPLOYEES

E.G. Belikova, U.A. Volynets, M.D. Goyshik

The scientific work considers one of the most effective ways to attract employees - corporate life insurance, its advantages for both employees and the employer. A way to attract competent employees is to provide them with material incentives. Material incentives have two key types. Material incentives in cash (payment according to tariffs and salaries, bonuses, additional payments, fines, etc.) and material incentives in

the form of various material benefits (housing, household items, travel vouchers, etc.). One of the most effective ways to attract employees is corporate life insurance.

Corporate insurance cannot be considered as a separate type of insurance services. It is rather a comprehensive approach that uses conventional insurance methods, including CASCO and risk insurance. At the same time, the set of these methods and their features constitute the essence of corporate insurance

Corporate insurance is unique in terms of a comprehensive approach to the provision of services. Insurers offer organizations a range of insurance services, under which contracts are concluded. Corporate insurance is not limited to concluding a single insurance contract. Therefore, it is the most effective means of protecting against risks.

Введение

Способом завлечения грамотных работников является предоставление им материального стимулирования. Материальное стимулирование имеет два ключевых типа. Материальное поощрение денежными средствами (оплата по тарифам и окладам, премии, доплаты, штрафы и др.) и материальное поощрение различными материальными благами (жилищная площадь, предметы быта, путевки и другое).

Выделяют четыре степени мотивации: деньги, индивидуальная польза, личная убежденность и чувство долга. Деньги и нематериальные выгоды гарантируют базовый уровень благополучия человека. Когда денег достаточно, чтобы закрывать потребности, начинают работать другие мотиваторы. [1]

Нулевой уровень мотивации. В организации бывают работники, которые пришли просто «пересидеть» за деньги, – у них низкая вовлеченность в процесс работы. В первую очередь они начинают распространять свое недовольство в коллектив: критиковать компанию в рабочих чатах, жаловаться на задачи и сплетничать. Если в коллективе есть такого рода сотрудник, общий уровень мотивации снижается и остальные начинают хуже работать. [1]

Деньги. Базовый уровень мотивации персонала. Встречаются работники, которые готовы много и хорошо работать только за зарплату, но они легко уйдут, если им предоставят больше. Самый популярный метод мотивации на этом уровне — премии. Если выплачивать премии постоянно, просто за хорошую работу, сотрудник привыкает считать их зарплатой и делает ровно столько, сколько нужно, чтобы ее получить. [1]

Личная выгода. Это второй уровень мотивации. Он не самый верный, но удерживает сотрудников значительно лучше, чем премии. Сотрудникам на уровне персональной выгоды интересны дополнительные выгодные бонусы от компании. Обычно это соцпакет: медицинская страховка, компенсация питания и т. д. [1]

Рассмотрим более подробно программу по корпоративному страхованию работников как материальное стимулирование.

Корпоративное страхование жизни сотрудников — это программа, которая предоставляет финансовую защиту работникам компании в случае их смерти или наступления других страховых случаев.

В роли участников страховых отношений, выступают субъекты страхового договора: страховщик (страховая компания, специализирующаяся на корпоративном страховании), страхователь (юридическое лицо, нуждающееся в защите от страховых рисков) и страховой посредник (не является постоянным участником страховых отношений).

Корпоративное страхование в Беларуси – относительно новый, но перспективный инструмент защиты компании от различных рисков. Корпоративное страхование нельзя рассматривать как отдельный вид страховых услуг. Это скорее комплексный подход, в котором используются привычные методы страхования, включая КАСКО (добровольное страхование, которое защищает интересы владельца транспортного средства) и страхование рисков. При этом набор этих методов и их особенности и составляют суть корпоративного страхования.

К основным аспектам корпоративного страхования относят:

Преимущества для компании:

1. Улучшение морального духа: забота о сотрудниках повышает их лояльность и мотивацию.
2. Привлечение и удержание талантов: конкурентоспособные условия труда помогают в привлечении лучших специалистов.
3. Налоговые льготы: в некоторых странах взносы на страхование могут быть вычтены из налогооблагаемой базы.

Преимущества для сотрудников:

1. Финансовая защита: в случае непредвиденных обстоятельств семья сотрудника получит финансовую поддержку.
2. Дополнительные выплаты: некоторые программы включают выплаты в случае критических заболеваний или инвалидности.
3. Спокойствие: знание о наличии страховки может снизить уровень стресса у сотрудников.

Корпоративное страхование уникально с точки зрения комплексного подхода к предоставлению услуг. Страховщики предлагают организациям ряд страховых услуг, по которым заключаются договоры. Корпоративное страхование не ограничивается заключением одного договора страхования. Поэтому оно является наиболее эффективным средством защиты от рисков. Поскольку компания выступает в качестве посредника между страхователем и страховой компанией, заключение официального договора не занимает много времени. Кроме того, страхованием могут воспользоваться не только сами сотрудники, но и члены их семей.

Принципы страхования компании можно разделить на комплексность, комбинированность и долгосрочность.

Принцип комплексности учитывает все риски клиентов, участвующих в программе корпоративного страхования.

Принцип комбинирования страховых рисков позволяет адекватно сочетать риски и избегать чрезмерных страховых предложений. Комбинированное страхование осуществляется как совокупность корпоративного страхования или в рамках свободного объединения страховых компаний, так называемого страхового пула.

Долгосрочный принцип - долгосрочные отношения между страховщиком и страхователем, которые требуют от страховщика принятия определенных мер по снижению убыточности по страховым случаям и уменьшению вероятности наступления страховых случаев на предприятии.

Всем известно, что в настоящее время на рынке труда ощущается острая нехватка кадров. Причем не только специалистов по продажам, но и рабочего персонала. Компании перепробовали все: возмещение накладных расходов, медицинское страхование, абонементы в спортзал, языковые курсы и поощрения сотрудников в офисе.

Удивительно малоизученным, но эффективным средством удержания и привлечения ключевого персонала является накопительное страхование, которое сочетает в себе финансовые и организационные преимущества как для работодателя, так и для сотрудника.

Корпоративное страхование жизни сотрудников PriorLife – это накопительная программа для корпораций, которая одновременно предлагает функции накопления и страхования рисков.

Такие программы решают ряд ключевых задач для корпораций:

1. Экономия бюджета организации и существенные выплаты (налоговые преимущества для корпорации)

2. Снижают текучесть кадров и создают долгосрочные стимулы для работы в компании. Выплаты носят долгосрочный характер и поэтому влияют на удержание сотрудников в компании как минимум на период страхования (3-5 лет).

3. Является дополнительным аргументом в пользу компании при подборе персонала. Ценные специалисты на рынке с большей вероятностью выберут компании, предлагающие существенный социальный пакет.

4. Увеличивается среднемесячный доход сотрудников компании. Благодаря такому страхованию сотрудники не только получают дополнительные выплаты, но и экономят на подоходном налоге (страховые выплаты не облагаются подоходным налогом).

5. Предоставлять сотрудникам страховку от различных заболеваний и неблагоприятных событий (страхование жизни, потери трудоспособности, травм, больничных листов – эта опция выбирается на этапе заключения договора).

Рассмотрим подробнее структуру накопительного страхования.

Руководитель компании определяет список сотрудников, которые будут включены в страховой полис, а также устанавливает размеры взносов и платежей за этих работников. В рамках трудоустройства сотрудников в компанию наиболее оптимальный срок действия договора страхования – 3-5 лет (в то же время возможны договоры и на 3-20 лет). Договоры могут быть заключены в белорусских рублях, долларах или евро. В двух последних случаях все расчеты производятся в белорусских рублях по курсу НБ РБ на дату заключения договора.

Договор корпоративного страхования считается действительным только при наличии прямой ссылки на правила этого договора и его применимые условия.

Правила должны быть обязательно приложены к договору страхования и переданы страхователю с подтверждением этого факта специальной отметкой в договоре.

Изменение условий договора. В ходе заключения корпоративного договора страхования стороны могут изменить некоторые его пункты по взаимному согласию. Если в правилах к данному договору есть условия, которые не устраивают одну из сторон, их можно исключить или заменить, а также добавить новые, отсутствующие в правилах, если этому не препятствует российское законодательство. В конфликтных и спорных ситуациях условия договора страхования имеют превосходство перед настоящими правилами. В любом случае при любой реструктуризации договора страхования обе стороны обязаны подписывать дополнительное соглашение, также подготовленное по определенной форме.

Компания может уплачивать взносы на ежемесячной, ежеквартальной, ежегодной или единовременной основе. Выбирая удобную периодичность взносов,

организация равномерно распределяет свою финансовую нагрузку. Договор страхования может включать страховые риски: выплата по окончании срока договора, уход из жизни застрахованного лица, инвалидность, травмы, заболевания. Перечень рисков компания определяет самостоятельно. После окончания договора страхования сотрудники получают выплату на свой карт-счет.

Государством предлагается ряд существенных налоговых льгот и преференций для тех компаний, которые выбирают такой инструмент мотивации и защиты своих сотрудников.

Во-первых, страховые взносы не облагаются отчислениями в ФСЗН (34%). Во-вторых, компания имеет право отнести расходы по страховым взносам на затраты по производству и реализации продукции, товаров, работ, услуг (согласно Указу Президента №219 от 12.05.2005 – не более 12% от фонда заработной платы и не более одной минимальной зарплаты на сотрудника (626 рублей в месяц)). В-третьих, работники экономят на уплате подоходного налога при перечислении за них страховых взносов организацией по договорам, заключенным на срок от 3 лет (до 5395 рублей на одного человека). Стоит также отметить, что операции накопительного страхования очень просто отображать в бухгалтерском учете.

Программа страхования жизни сейчас выглядит более интересно по сравнению с классическим ДМС (добровольное медицинское страхование) в социальном пакете. При этом стоит признать, что качественное добровольное медицинское страхование уже стоит недешево. И если работник его не использует, то организация просто «дарит» деньги страховой компании. Сотрудник же в этом случае не воспринимает медстраховку как бонус, для него это неэффективный инструмент мотивации к работе в данной организации. [2-5]

Страхователь мог потерять действующий полис или страховой полис. В таких случаях по письменному заявлению страхователя выдается дубликат полиса. После получения дубликата оригинальный страховой полис теряет силу.

Полис корпоративного страхования может быть прекращен до наступления срока его действия, если отсутствует риск наступления страхового случая, о котором станет известно после вступления полиса в силу. В случае досрочного прекращения страховщик может взыскать часть премии за период действия полиса. Страхователь также обязан незамедлительно информировать страховую компанию о любых изменениях, которые могут оказать сильное влияние на увеличение страхового риска. Такие изменения признаются существенными, если обстоятельства, при которых произошло изменение, указаны в полисе, в заявлении страхователя или в любой другой документации, запрошенной страховщиком для оценки уровня риска.

В секторе корпоративного страхования, не связанного со страхованием жизни, демпинг привел к дополнительному давлению и занижению стоимости страхования, в результате чего многие страховщики не смогли сформировать необходимые страховые резервы, что привело к убыточности бизнеса. Однако общая тенденция такова, что страхователи, в том числе и компании, отдают предпочтение надежным страховщикам во время кризиса, поскольку понимают, что непредвиденные убытки бывает особенно сложно покрыть из собственного кармана. Этот процесс также проявляется в дальнейшей консолидации страхового рынка, особенно среди крупных страховщиков.

Несмотря на кризисные явления, спрос на страхование малого и среднего бизнеса растет. Это явление можно объяснить тем, что из-за снижения доступности финансирования компании опасаются, что в случае негативного сценария развития событий они останутся без средств на восстановление. Крупные компании и производители постоянно расширяют программы страховой защиты основных активов и собственных крупных проектов.

Из-за высокой конкуренции на рынке корпоративного страхования широко распространены тенденции намеренного демпинга. Это негативно сказывается на развитии корпоративного страхования. Тарифы страховщиков снизились во всех сегментах страхования - от страхования филиалов до организационного страхования нежизни. Однако, по мнению некоторых экспертов, рынок корпоративного страхования имеет большой потенциал для развития.

Корпоративное страхование – это система мер по защите хозяйственных организаций и их отдельных сотрудников от последствий страховых случаев. В современную эпоху корпоративное страхование пользуется большим спросом, ведь застрахованными могут быть как представители малого и среднего бизнеса, так и крупные компании, работающие по международным стандартам.

С позиций системного подхода корпоративное страхование целесообразно понимать как организационное множество подсистем, образующих целостное единство и обеспечивающих реализацию интересов страхователя и страховщика в рамках корпоративного страхования. В системе корпоративного страхования было выделено три основные составляющие: участники страховых отношений, направления корпоративного страхования и механизм страховой защиты.

В бухгалтерском учете порядок списания страховых взносов в состав расходов по текущей деятельности законодательно не установлен. Поэтому организация вправе выбрать один из следующих вариантов и закрепить в учетной политике:

- отразить единовременно в полной сумме уплаченного страхового взноса.

Суммы начисленных страховых взносов на дополнительную накопительную пенсию за счет средств работодателя учитываются по дебету счетов, на которых отражается начисление затрат на оплату труда и другие выплаты работникам организации (20, 25, 26, 44, 90-10, др.) и кредиту счета 76.

Суммы начисленных страховых взносов по добровольному страхованию жизни и медицинских расходов единовременно в полной сумме списываются в дебет счета 90-10 «Прочие расходы по текущей деятельности».

- отразить в составе расходов будущих периодов с включением их в расходы на пропорционально-временной основе.

Расходы первоначально отражаются на счете 97 «Расходы будущих периодов» и списываются в расходы, упомянутые выше, ежемесячно, исходя из срока страхования.

- отражать ежемесячно в равномерных суммах на протяжении срока действия договора страхования на счетах учета, аналогичных единовременному отражению.

В Республике Беларусь корпоративное страхование жизни сотрудников в бухгалтерском учете отражаются с помощью следующих проводок:

- Дт76Кт51 – заключение договора страхования;
- Дт20,26,44Кт76 – учет расходов на страхование;
- Дт76Кт51 – выплата страхового возмещения (в случае наступления страхового случая).

Таким образом, можно сделать вывод, что корпоративное страхование жизни сотрудников является важным инструментом для повышения благосостояния работников и создания безопасной рабочей среды:

1. Защита сотрудников – корпоративное страхование жизни обеспечивает финансовую защиту сотрудников и их семей в случае непредвиденных обстоятельств, таких как смерть или тяжелая болезнь.

2. Улучшение мотивации и удержания кадров – предоставление страховых услуг может повысить уровень удовлетворенности сотрудников, что способствует их лояльности и снижению текучести кадров.

3. Налоговые преимущества – в некоторых случаях страховые взносы могут быть вычтены из налогооблагаемой базы компании, что создает дополнительные финансовые преимущества для бизнеса.

4. Укрепление корпоративной культуры – страхование жизни демонстрирует заботу работодателя о своих сотрудниках, что способствует формированию положительного имиджа компании и укреплению командного духа.

5. Риски и ответственность – важно тщательно выбирать страховую компанию и условия договора, чтобы минимизировать риски и обеспечить надежное покрытие.

Корпоративное страхование жизни сотрудников — это инвестиция в человеческий капитал, которая приносит выгоды как работникам, так и работодателям. Правильная организация этого процесса может существенно повысить уровень доверия и удовлетворенности в коллективе.

Список использованных источников

1. Беликова, Е. Г. Материальное стимулирование работников / Е. Г. Беликова // Экономика и управление: социальный, экономический и инженерный аспекты : сб. науч. статей VI Междунар. науч.-практич. конф., Брест, 23–24 нояб. 2023 г. : в 2 ч. / Мин-во образования Респ. Беларусь, Брестский гос. технич. ун-т, каф. менеджмента ; редкол.: И. М. Гарчук [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – Ч. 1. – С. 124–127.

2. Беликова, Е. Г. Управление мотивацией рабочего персонала в нестандартных ситуациях / Е. Г. Беликова // Актуальные проблемы социально-трудовых отношений: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. / Респ. Дегестан, Махачкала, 22 нояб. 2019 г. – С. 92–95.

3. Киселев, И. Е. Формирование новой трудовой мотивации как экономического творчества / И. Е. Киселев. – Минск : ИВЦ Минфина, – 2013. – 281 с.

4. Мотивация трудовой деятельности персонала: комплексный подход : монография / Урал. федер. ун-т им. Б. Н. Ельцина, Шадр. гос. пед. ун-т ; под ред. Ю. А. Токаревой. – Шадринск : ШГПУ, 2021. – 216 с.

5. Семенов, В. Г. Формирование современной системы материального стимулирования персонала промышленных предприятий / В. Г. Семенов // Молодой ученый. – 2012. – № 7 (42). – С. 123–126.

References

1. Belikova, E. G. Material'noe stimulirovanie rabotnikov 23-24 noyabrya 2023 g. – S.124–127.

2. Belikova, E. G. Upravlenie motivaciej rabocheho personala v nestandartnyh situacijah / E. G. Belikova // Aktual'nye problemy social'no-trudovyh otnoshenij: materialy VII Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. / Resp. Degestan, Mahachkala, 22 noyabrya 2019 g. – S.92–95.

3. Kiselev, I. E. Formirovanie novej trudovoj motivacii kak ekonomicheskogo tvorchestva / I. E. Kiselev. – Minsk : IVC Minfina, – 2013. – 281 s.

4. Motivaciya trudovoj deyatel'nosti personala: kompleksnyj podhod : monografiya / Ural. feder. un-t im. B. N. El'cina, SHadr. gos. ped. un-t ; pod red. YU. A. Tokarevoj. – SHadrinsk : SHGPU, 2021. – 216 s.

5. Semenov, V. G. Formirovanie sovremennoj sistemy material'nogo stimulirovaniya personala promyshlennyh predpriyatij / V. G. Semenov // Molodoj uchenyj. – 2012. – № 7 (42). – S. 123–126.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ

*Е. Г. Беликова, Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь*

*Е. В. Шиманович, Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь yelizaveta.tmnykh@mail.ru*

*М. А. Пытляк, Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь*

Реферат

Горизонтальный мониторинг представляет собой важный инструмент для оценки и анализа динамики процессов в различных сферах, включая экологию, экономику и социальные науки. Этот метод позволяет осуществлять сопоставление данных на одном уровне, что способствует выявлению закономерностей и тенденций, а также повышает точность прогнозирования. В данной работе будет рассмотрена методология горизонтального мониторинга, его применение и значимость в современных исследованиях.

Ключевые слова: горизонтальный мониторинг, налоговый мониторинг, налоговой администрации, фискальный сектор, налоговые обязательства.

HORIZONTAL MONITORING

E.G. Belikova, E.V. Shimanovich, M.A.Pytlyak

Abstract

Horizontal monitoring is an important tool for assessing and analyzing the dynamics of processes in various fields, including ecology, economics, and social sciences. This method allows data to be compared at the same level, which helps to identify patterns and trends, as well as increases the accuracy of forecasting. In this paper, the methodology of horizontal monitoring, its application and significance in modern research will be considered.

Keywords: horizontal monitoring, tax monitoring, tax administration, fiscal sector, tax obligations.

Введение

Начиная с 2010 года развитие информационного общества является одним из основных факторов обеспечения конкурентоспособности и инновационного развития национальной экономики, совершенствования системы государственного управления, повышения зрелости гражданского общества. Усовершенствование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) играет важную роль для социально-политического и экономического развития как каждой страны в отдельности, так и мирового сообщества в целом, так как оно дает возможность к развитию ИКТ, создает возможности для экономического развития, роста благосостояния. Система государственного управления и самоуправления, использующая ИКТ, является частью информационного пространства.

Такую систему называют «электронное правительство». Электронное правительство является системой государственного управления, которая основана на электронных средствах обработки, передачи и распространения информации. Оно способствует упрощению и ускорению оказания электронных услуг, оказываемых государством населению, в том числе и в реальном времени. На сегодняшний день во многих странах мира существуют государственные программы, ориентированные на дигитализацию и автоматизацию управленческих процессов, которые касаются вопросов разработки и внедрения электронного правительства [1].

Горизонтальный мониторинг налоговых систем – это современный подход к управлению и контролю налоговых обязательств, направленный на обеспечение прозрачности и повышение эффективности налогового администрирования. Глобализация экономики и стремительное развитие цифровых технологий делают потребность в соответствующих инструментах для налогового мониторинга особенно актуальной. Горизонтальный мониторинг позволяет налоговым органам более эффективно отслеживать финансовую деятельность налогоплательщиков, выявлять риски уклонения от уплаты налогов и обеспечивать соблюдение налогового законодательства. Этот метод основан на анализе данных, собранных из различных источников, и позволяет не только контролировать исполнение налоговых обязательств, но и проводить комплексный анализ состояния налоговой базы. Важным аспектом горизонтального мониторинга является возможность оперативно реагировать на изменения экономической среды, что способствует более гибкому и адаптивному управлению налоговым процессом [2].

В данной работе рассматриваются основные принципы и методы горизонтального мониторинга в налоговых администрациях, преимущества и недостатки, а также успешные примеры горизонтального мониторинга в разных странах. Особое внимание уделяется вопросам конфиденциальности данных и взаимодействия между налоговыми органами и компаниями, которые являются ключевыми для эффективного функционирования системы.

Горизонтальный мониторинг – относительно новый метод налогового контроля, который постепенно внедряется в практику налоговых органов. По сути, это предварительный контроль, осуществляемый в целях предотвращения нарушений законодательства о налогах и сборах.

Горизонтальный мониторинг в Республике Беларусь подразумевает систему наблюдения и оценки различных процессов и явлений, которые происходят в стране. Это может касаться различных сфер, таких как экономика, экология, социальные вопросы и здравоохранение.

Следует отметить, что данная система налогового администрирования широко практикуется и за рубежом. В современной мировой практике «горизонтальный мониторинг» также признается альтернативным методом предотвращения и разрешения налоговых споров – альтернативным разрешением споров (АПР) – и используется более чем в 23 странах мира, включая США, Великобританию, Австралию, Канаду, Францию и Германию. Горизонтальный мониторинг (часто называемый «горизонтальным контролем») был инициирован Нидерландами и существует уже более десяти лет. Он возник как форма поощрения добросовестных

налогоплательщиков и фактически улучшил финансовое положение некоторых крупнейших налогоплательщиков. В апреле 2005 года в Нидерландах был запущен пилотный проект с участием 20-ти компаний. Почти все компании, участвовавшие в проекте, продлили условия сотрудничества, и линейному мониторингу удалось расширить круг налогоплательщиков за пределы пилотного проекта. Сегодня налоговый мониторинг приобрел массовый характер [3].

Установление партнерских отношений между налогоплательщиками.

Партнерские отношения между налогоплательщиками и налоговыми органами позволяют налоговым органам своевременно реагировать и предотвращать рискованные операции, которые могут привести к налоговым, валютным или иным правовым нарушениям. Горизонтальный менеджмент (мониторинг) предполагает онлайн-консультации с налоговыми инспекторами до совершения любой хозяйственной операции, связанной с налоговым риском. Данный вид налоговой проверки является консультационной услугой, но рекомендации налоговых органов обязательны к исполнению. Если налогоплательщик не согласен с мнением налогового органа, он имеет право высказать его в суде [4].

Во многих странах налоговые органы изменили свои методы работы с вертикального на горизонтальный мониторинг. Первый метод основан на ретроспективных проверках. Горизонтальный мониторинг (НМ) предполагает удаленную работу в режиме реального времени. В ближайшем будущем этот метод налогового администрирования может получить широкое распространение в Беларуси. Другие члены Евразийского экономического союза – Россия и Казахстан – уже могут поделиться своим практическим опытом [5].

В России, как и в Беларуси, внедрение налогового мониторинга было начато в 2012 году и принято в 2020 году. Концепция развития и функционирования системы налогового мониторинга (далее – Концепция) определила основные направления развития национальной системы налогового мониторинга и ожидаемые результаты от ее внедрения. Она стала программным документом. Наряду с системой налогового мониторинга с 2021 года функционирует система прослеживаемости товаров, которая является частью единого механизма управления таможенными и налоговыми платежами. Налоговый мониторинг, созданный для повышения эффективности управления уплатой налогов и сборов, представляет собой систему удаленного управления налогами. Министр по налогам и сборам Сергей Наривайко на первом Форуме ЭДО заявил, что Министерство по налогам и сборам намерено развивать горизонтальный мониторинг. «Организации с высокоавтоматизированными системами бухгалтерского и налогового учета могут добровольно предоставлять налоговым службам доступ к онлайн-системам и таким образом практически полностью избежать проверок. А если и будут какие-то недочеты, то их можно будет исправить в процессе мониторинга», – говорит Наливайко.

Беларусь следует примеру других стран, в том числе стран ЕАЭС, где подобные проекты уже активно обсуждаются и реализуются на практике [6].

Основными элементами горизонтального мониторинга являются:

- 1) сбор данных – регулярный сбор информации из различных источников для анализа текущей ситуации;
- 2) анализ и оценка – анализ собранных данных и выявление тенденций и проблем;

3) участие граждан – вовлечение граждан и ОГО в процесс мониторинга для повышения прозрачности и подотчетности;

4) отчетность – публикация отчетов и рекомендаций по результатам мониторинга.

Доступ к данным о налогоплательщиках позволяет налоговым органам сократить объем необходимой документации и сосредоточить свои ресурсы на контроле операций с элементами риска. Такой налоговый контроль позволяет превентивно выявлять налоговые риски и оперативно разрешать спорные и неопределенные налоговые позиции, а также предотвращать налоговые риски и спорные ситуации еще на этапе планирования бизнеса и сделок.

Основная цель горизонтального мониторинга – наладить взаимодействие между налоговыми органами и ключевыми налогоплательщиками путем своевременного реагирования и предотвращения рискованных операций, которые могут привести к налоговым, валютным или иным правовым нарушениям, подконтрольным налоговым органам.

Горизонтальный мониторинг основывается на следующих принципах.

- Сотрудничество.
- Обоснованная уверенность.
- Законность.
- Прозрачность.
- Улучшенное информационное взаимодействие.

Для проведения горизонтального мониторинга заключается соглашение о горизонтальном мониторинге. Такое соглашение заключается между налогоплательщиком и налоговыми органами. Оно заключается на основании заявления, поданного налогоплательщиком. Заявление должно быть подано до 1 октября года, предшествующего периоду, за который планируется проведение горизонтального мониторинга. Заявление может быть представлено в произвольной форме. К нему должны быть приложены документы, подтверждающие соответствие категории налогоплательщика.

Основными принципами горизонтального мониторинга являются следующие.

- Сбор всех видов налогов.
- Сбор всех видов налогов, действующих без ограничения законодательства, прав и обязанностей.
- Построение отношений между сторонами на основе прозрачности, понимания и доверия.

В то же время налогоплательщики и налоговые органы несут определенные обязанности.

К обязанностям налогоплательщиков относятся:

- незамедлительное уведомление налоговых органов обо всех хозяйственных операциях, несущих потенциальные налоговые риски;
- сообщение налоговым органам обо всех существенных фактах и обстоятельствах без каких-либо ограничений и условий;
- консультирование налоговых органов о правовых последствиях своих факторов, условий и мнений;
- поддержка связи с сотрудниками компании, уполномоченными налоговыми органами;

– предоставление необходимой информации в максимально полном объеме и оперативно;

– подача в установленные сроки налоговых деклараций за предыдущие налоговые периоды по окончании налогового периода.

С другой стороны, налоговые органы обязаны:

– уведомлять налогоплательщика о своей позиции в кратчайшие сроки после получения информации о планируемых хозяйственных операциях налогоплательщика;

– учитывать фактические сроки ведения бизнеса при определении позиции налогового органа; оценивать сумму, подлежащую обложению корпоративным налогом после подачи налоговой декларации и, по возможности, согласовывать решение с налогоплательщиком;

– регулярно обсуждать с налогоплательщиком фискальные риски;

– соблюдать конфиденциальность при наличии информации об известных фискальных рисках;

– объяснять налогоплательщику причины запроса определенной информации.

Таким образом, на основании соглашения компания в режиме онлайн сообщает налоговому инспектору обо всех налоговых рисках, дает совет, как поступить в той или иной ситуации, и только после получения совета предпринимает определенное действие. В результате налоговые органы, обладающие достоверной информацией, больше не испытывают необходимости в проведении регулярных налоговых проверок.

В то же время налогоплательщики не всегда и не во всем согласны с налоговым инспектором.

В случае разногласий налогоплательщик имеет право обратиться в суд и, получив судебное решение, может осуществлять свои хозяйственные операции без риска. Налогоплательщики заверяют налоговые органы в том, что налоговая ситуация в компании находится под их контролем.

Такое сотрудничество позволяет налоговым органам сократить время на разрешение налоговых споров и просроченных вопросов, а также уменьшить финансовые ресурсы на администрирование. Значительно сокращается количество обращений в суд.

Если одна из сторон возражает против соглашения в промежуточный период, оно расторгается (до его прекращения).

Расторжение соглашения вступает в силу только после устного обсуждения. Стороны выражают свою готовность к такому обсуждению по крайней мере один раз. Обратите внимание, что горизонтальный надзор в Нидерландах применяется только к крупным компаниям. Эксперимент по горизонтальному аудиту в Нидерландах с участием 20-ти компаний, большинство из которых участвовали в листинге на фондовой бирже, оказался очень успешным. Многие компании впоследствии продолжили это сотрудничество. Кроме того, горизонтальный мониторинг начали проводить другие компании и организации.

Горизонтальный мониторинг был реализован в странах, для которых характерно взаимное сотрудничество между налогоплательщиками и налоговыми органами (Нидерланды, Швеция, США и Израиль). Так, в Нидерландах налоговые органы практически не запрашивают у компаний информацию или первичные документы по сделкам. Вместо этого проверяются результаты собственного

внутреннего контроля компании на предмет правильности налогообложения сделки. Результаты внутренних налоговых проверок сделок признаются налоговыми органами как подлежащие контролю, что сокращает время и затраты на налоговое администрирование.

В Швеции существует специальный комитет по налоговому законодательству, который дает предварительное заключение по результатам сделок. В США компании, обращающиеся в налоговые органы за консультацией по конкретной сделке, получают письменный ответ в виде совета. В Израиле действует система предварительных заключений, выдаваемых налоговыми органами.

Некоторые независимые налоговые эксперты и представители скептически относятся к введению горизонтального мониторинга в Беларуси, объясняя это следующим:

- фискальный сектор не в состоянии организовать подобные операции в масштабах страны в режиме реального времени;
- передача функций консультирования от налоговых органов фискальным органам является результатом реформы системы административных органов;
- каким бы совершенным ни был закон с точки зрения норм, нет гарантии его успешного применения;
- растет количество судебных дел. При этом Минфин в своих заявлениях часто игнорирует судебную практику, в том числе позицию высшей судебной инстанции;
- российские компании консультируются по вопросам снижения налоговых рисков с независимыми налоговыми консультантами, профессиональный уровень которых иногда выше, чем у налоговых инспекторов. При этом некоторые из таких консультантов являются бывшими сотрудниками налоговых органов, получившими необходимые знания и навыки для защиты своих клиентов;
- даже крупные российские компании пользуются различными сомнительными налоговыми режимами;
- налог на добавленную стоимость – самая сложная и непрозрачная из российских налоговых систем. Компании часто проводят сделки с участием компаний, занимающихся однодневной торговлей, чтобы снизить налоговое бремя;
- менталитет налоговиков и российских компаний основан на взаимном недоверии (коммерческая тайна не гарантируется);
- не всегда имеет смысл консультироваться с налоговыми органами по поводу той или иной сделки. Самостоятельные решения, даже если они рискованны, могут быть оправданы.

По этим причинам «скептики» приходят к выводу, что использовать голландский опыт в чистом виде пока не представляется возможным. Однако, по их мнению, это не означает, что сотрудничество между государством и налогоплательщиками в нашей стране невозможно. И. Ю. Мокрышев, партнер Morgan Finance, придерживается противоположной точки зрения. Мокрышев считает, что голландский опыт горизонтального мониторинга полезен. За последние несколько лет налоговая культура в стране существенно изменилась. Большинство крупных компаний являются добросовестными налогоплательщиками, и к ним можно применять горизонтальный мониторинг. Это может привести к увеличению стоимости бизнеса (капитала) и инвестиционной привлекательности.

Сегодня во всем мире «происходит фундаментальная трансформация национальных систем налогового администрирования, в основном за счет перехода от парадигмы командно-административного регулирования к модели партнерского сотрудничества между налоговыми органами и налогоплательщиками, основанной на взаимном доверии и клиентоориентированном обслуживании, при активном разрешении налоговых споров, открытости и прозрачности, добровольном соблюдении требований и взаимовыгодном взаимодействии руководства и администраторов» [6].

Безусловно, сфера достижения фискальных целей государства характеризуется конфликтом интересов между государственными органами (налоговыми и таможенными) и подконтрольными им лицами. Очень сложно обеспечить полное доверие и сбалансировать возникающие противоречия и конфликты. Однако, учитывая заинтересованность налогоплательщиков в уплате налогов, сборов и других обязательных платежей, вполне возможно придать таким отношениям определенный фидуциарный характер. Одним из таких инструментов является цифровизация процесса налогового администрирования.

Список цитированных источников

1. Муха, А. А. Цифровизация административных процедур в Республике Беларусь / А. А. Муха, В. М. Горбач, Е. Г. Беликова // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы : сб. трудов XVI междунар. науч.-практич. конф., Пинск, 29 апр. 2022 г. : в 2 ч. / Мин-во образования Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2022. – Ч. 2. – С. 217–220.

2. Еременко, И. Л. Горизонтальный мониторинг – новый механизм налогового администрирования / И. Л. Еременко, Е. А. Мельникова // Социальные и гуманитарные знания. – 2015. – № 2. – С.123–126.

3. Горина, Г. А. Консолидированная группа налогоплательщиков: условия и принципы функционирования / Г. А. Горина, Р. Г. Ахмадеев // Справочник экономиста. – 2013. – № 7.

4. Горизонтальный мониторинг – новый сервис для добросовестных налогоплательщиков // Вестник Налоговой службы Украины. – 2012. – № 8.

5. Надточий Е. В. Горизонтальный мониторинг новый инструмент взаимодействия в налоговой сфере / Е. В. Надточий // Налоги и налогообложение. – 2013. – № 1.

6. МНС хочет развить горизонтальный мониторинг.– URL: <https://ibmedia.by/news/mns-hochet-razvit-gorizontalnyj-monitoring-chto-eto-takoe/> (дата обращения: 19.10.2024).

References

1. Muha, A.A. Cifrovizaciya administrativnyh procedur v Respublike Belarus' / A.A. Muha, V.M. Gorbach, E.G. Belikova // Ustojchivoje razvitie ekonomiki: sostoyanie, problemy, perspektivy : sbornik trudov XVI mezhdunarodnoj nauchno–prakticheskoj konferencii, Pinsk, 29 aprelya 2022 g. : v 2 ch. / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus' [i dr.] ; redkol.: V.I. Dunaj [i dr.]. – Pinsk : PolesGU, 2022. – CH. 2. – S. 217-220.

2. I.L. Eremenko, E.A. Mel'nikova / Gorizental'nyj monitoring novyj mekhanizm nalogovogo administrirovaniya, 2015g. – S.123-126.

3. G.A.Gorina, R.G.Ahmadeev Konsolidirovannaya gruppa nalogoplatel'shchikov: usloviya i principy funkcionirovaniya // Spravochnik ekonomista. 2013. №7.

4. Gorizental'nyj monitoring novyj servis dlya dobrosovestnyh nalogoplatel'shchikov // Vestnik Nalogovoj sluzhby Ukrainy. 2012. №8.

5. Nadtochij E.V. Gorizental'nyj monitoring novyj instrument vzaimodejstviya v nalogovoj sfere // Nalogi i nalogooblozhenie. 2013. №1

6. MNS hochet razvit' gorizental'nyj monitoring. URL: <https://ibmedia.by/news/mns-hochet-razvit-gorizontalnyj-monitoring-chto-eto-takoe/>

ФИНАНСОВЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

*О. В. Бондарская, доцент кафедры экономической безопасности и качества,
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,
e-mail: ovbtgtu@mail.ru*

Реферат

С развитием технологий и появлением новых угроз, экономическая безопасность становится все более важной для организаций. Экономическая безопасность включает в себя ряд аспектов, таких как защита от хакерских атак, киберпреступлений, нарушений интеллектуальной собственности и других угроз, которые могут повлиять на успешное функционирование и экономическое развитие организации.

При обеспечении экономического развития для каждого субъекта хозяйствования ставятся определенные задачи для стабильного функционирования организации и достижения главных целей в деятельности. Уровень экономической безопасности предприятия зависит от того, насколько эффективно его руководство и специалисты будут способные избежать возможных угроз и ликвидировать вредные последствия отдельных отрицательных составляющих внешней и внутренней среды.

Диагностика угроз предполагает определение и мониторинг факторов, определяющих устойчивость финансово-экономического положения на краткосрочную и среднесрочную перспективу, а также показателей (индикаторов) оценки ее уровня экономической стабильности.

Диагностика необходима для экономически устойчивого развития организации, помогает выявить риски в финансовой деятельности.

Статья посвящена выявлению особенностей проблем и тенденций финансового и инновационного развития организации в регионе, их анализу и формулированию направлений для их решения.

Ключевые слова: инновационное развитие, технологический суверенитет, геополитическая напряженность, санкции, научно-технический потенциал.

FINANCIAL ADVANTAGES AND DEVELOPMENT OF A REGIONAL ORGANIZATION

O. Bondarskaya

Abstract

With the development of technology and the emergence of new threats, economic security is becoming increasingly important for organizations. Economic security includes a number of aspects, such as protection from hacker attacks, cyber crimes,

intellectual property violations and other threats, which can affect the successful functioning and economic development of the organization.

When ensuring economic development for each business entity, certain tasks are set for the stable functioning of the organization and the achievement of the main goals in the activity. The level of economic security of the enterprise depends on how effectively its management and specialists will be able to avoid possible threats and eliminate the harmful consequences of individual negative components of the external and internal environment. Threat diagnostics involves identifying and monitoring factors that determine the sustainability of the financial and economic situation in the short and medium term, as well as indicators of its level of economic stability.

Diagnostics is necessary for the economically sustainable development of the organization, helps to identify risks in financial activities.

The article is devoted to identifying the features of problems and trends in the financial and innovative development of the organization in the region, their analysis and formulation of directions for their solution.

Keywords: innovative development, technological sovereignty, geopolitical tension, sanctions, scientific and technical potential.

Введение

Применяемые стандартные методики диагностики угроз финансовой безопасности предприятия обращаются к историческим данным. Проводя анализ, мы можем выяснить, как обстояли дела на предприятии два или три года назад. Но нам требуется выявить угрозы, которые возникли в отчетном периоде, или, возможно, только вызревают и пока никак себя не проявили.

Поэтому стандартные приемы финансового анализа необходимо дополнить более детальным рассмотрением показателей ООО «Тамбовский бекон».

Для коммерческой организации важна способность генерировать прибыль. В 2023 году рентабельность продаж составила 13,49 % против 11,47 % в 2019 году. Это хороший результат. Однако нельзя упускать из внимания, что в 2022 году организация получила убыток от продажи продукции в сумме 1588 млн руб.

Рассмотрим, какие факторы вызвали этот убыток, и оценим вероятность повторения данной ситуации.

Для проведения анализа возьмем данные из пояснений к бухгалтерскому балансу и Отчету о финансовых результатах за 2022 и 2023 годы. Исходные данные в таблице 1.

Производство в ООО «Тамбовский бекон» является материалоемким. В 2021 году доля материальных затрат составляла 48 % от величины выручки, в 2022 году – 54,1 %. В 2023 году доля материальных затрат снизилась до 40,4 %.

Можно утверждать, что это основной фактор, влияющий на себестоимость продукции предприятия, и на величину прибыли от продаж.

Как видно, размах колебаний доли материальных затрат за три года составил 13,7 процентных пункта.

Таблица 1 – Расходы на производство ООО «Гамбовский бекон» в разрезе элементов затрат

Наименование показателя	2021		2022		2023	
	тыс. руб.	в долях от выручки	тыс. руб.	в долях от выручки	тыс. руб.	в долях от выручки
Материальные затраты	18673144	48,0	21049961	54,1	17204337	40,4
Расходы на оплату труда	3843551	9,9	4480702	11,6	5044976	11,9
Расходы на социальные нужды	1071478	2,7	1255219	3,2	1413887	3,3
Амортизация основных средств	4816890	12,4	6174608	15,7	5262281	12,4
Прочие расходы	6320438	16,2	7565301	19,5	7835678	18,4
Всего по элементам	34727501	89,2	40525791	104,1	36761159	86,4
Расходы по обычным видам деятельности	34604708	88,9	40521048	104,1	36812026	86,5
Выручка	38924157	100	38932739	100	42553122	100

Если учесть, что производственный процесс в ООО «Гамбовский бекон» является стабильным, то такие колебания могут быть объяснены:

- резким ростом цен на сырье для производства комбикормов, витаминные добавки для животных, энергию, топливо;
- либо увеличением потерь поголовья из-за нарушений условий содержания стада или эпизоотий.

Например, животные могут заболеть африканской чумой свиней. Это особо опасная заразная болезнь домашних, диких и декоративных свиней (мини-пиггов), сопровождающаяся лихорадкой, угнетенным состоянием, нарушением гемодинамики – цианозом (посинением) или гиперемией (покраснением) кожи ушей, живота, хвоста, диареей, кровянистыми истечениями из носовой полости, клоническими судорогами, у супоросных свиноматок – абортами.

АЧС не представляет опасности для человека, но смертность восприимчивых животных достигает 100 %!

Все поголовье ООО «Гамбовский бекон» застраховано, в том числе от риска заражения АЧС. Компания оценивает возможные потери в производстве и продаже свинины как незначительные.

За исследуемые три года увеличилась доля расходов на оплату труда в выручке и расходов на социальные нужды с 12,6 % до 15,2 %.

Причем расходы на оплату труда растут быстрее, чем выработка на одного работника (таблица 2).

Как можно увидеть из рассчитанных показателей, выработка на одного работника увеличилась на 19 %, а средняя месячная заработная плата в расчете на одного работника увеличилась на 38 %. Это весьма нежелательное соотношение. Оно показывает, что предприятие не получает должной отдачи от повышения заработной платы сотрудникам.

Доля расходов на амортизацию основных средств практически не изменилась, и составляет 12,4 % в 2021 и 2023 годах.

Это означает, что оснащение производства остается на постоянном уровне, не внедряются инновационные способы производства мясной продукции, не совершенствуются технологии. Это тоже можно считать негативной тенденцией.

То есть предприятие пытается наращивать производство за счет увеличения доли живого труда, найма новых работников, а не за счет совершенствования производственного процесса, внедрения автоматизации.

Таблица 2 – Соотношение роста заработной платы и производительности труда в ООО «Тамбовский бекон»

Наименование показателя	2020	2021	2022	2023	2023 год к 2020, темп роста
Выручка, тыс. руб.	32481505	38924157	38932739	42553122	1,31
Среднесписочная численность, чел.	6086	6361	6432	6686	1,0986
Выработка на одного работника, тыс. руб. / чел.	5337,09	6119,19	6053,07	6364,51	1,19
Расходы на оплату труда, всего, тыс. руб.	3319322	3843551	4480702	5044976	1,5199
Средняя месячная зарплата на одного работника, тыс. руб.	45,45	50,35	58,05	62,88	1,38
Средняя месячная зарплата по Тамбовской области, тыс. руб.	31,06	34,43	39,35	45,74	1,47

Далее рассмотрим, как изменялась структура выручки организации за последние три года (таблица 3).

Таблица 3– Структура выручки ООО «Тамбовский бекон»

Выручка по видам деятельности	2021		2022		2023	
	Тыс. руб.	%	Тыс. руб.	%	Тыс. руб.	%
Реализация животных	2557265	6,6	1760319	4,5	2108425	5,0
Реализация мясопродукции	36347750	93,4	37136335	95,4	40391453	94,9
Прочая выручка	19142	–	36085	0,1	53244	0,1
Итого	38924157	100	38932739	100	42553122	100

Как можно видеть, основную часть выручки ООО «Тамбовский бекон» приносит продажа мясопродуктов, доля такой выручки колеблется от 93,4 % до 95,4 %. Остальной доход предприятие получает за счет реализации животных. Мясопродукты содержат более высокую прибавленную стоимость, то есть их реализация должна приносить предприятию больше прибыли. Все расходы ООО «Тамбовский бекон» делятся на производственные расходы и периодические расходы. К периодическим расходам относят коммерческие и управленческие расходы. Они не включаются в себестоимость готовой продукции, а ежемесячно в полной сумме списываются на счет «Продажи». В таблицах 4 и 5 приведены данные по периодическим расходам предприятия.

Коммерческие расходы увеличились за три анализируемых года на 81802 тыс. руб. Увеличение произошло по всем статьям расходов, кроме расходов на рекламу и маркетинговые исследования. Данные расходы сократились в 2023 году на 265233 тыс. руб. по сравнению с 2021 годов.

Таблица 4 – Коммерческие и управленческие расходы ООО «Тамбовский бекон», тыс. руб.

Наименование расхода	2021	2022	Изменение	2023	Изменение	
			2022/2021		2023/2022	2023/2021
Транспортные услуги	507753	605500	97747	776268	170768	268515
Заработная плата с отчислениями	271495	282898	11403	303845	20947	32350
Реклама и маркетинговые исследования	441296	311157	-130139	176063	-135094	-265233
Иные коммерческие расходы	395680	421273	25593	441850	20577	46170
Итого коммерческие расходы	1616224	1620828	4604	1698026	77198	81802

Ситуация на потребительском рынке меняется ежедневно, и те выводы и решения, которые были правильны два года назад, могут оказаться ошибочными в современных условиях.

Таблица 5 – Управленческие расходы ООО «Тамбовский бекон», тыс. руб.

Наименование расхода	2021	2022	Изменение	2023	Изменение	
			2022/2021		2023/2022	2023/2021
Заработная плата с отчислениями	658987	672519	13532	644176	-28343	-14811
Амортизация	51469	57302	5833	56336	966	4867
Услуги сторонних организаций	182826	360932	178106	525814	164882	342988
Расходы, связанные с обеспечением нормальных условий труда	14039	15689	1650	22325	6636	8286
Иные управленческие расходы	116090	132005	15915	57816	-74189	-58274
Итого управленческие расходы	1023411	1238446	215035	1306467	68021	283056

За три года управленческие расходы ООО «Тамбовский бекон» увеличились на 283056 тыс. руб. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что расходы на оплату труда управленческого персонала снизились.

Для этого может быть несколько объяснений. Во-первых, организация могла оптимизировать штатное расписание и убрать лишние позиции. В этом случае эффективность расходов повысится.

Во-вторых, организация могла пойти по пути найма более «дешевых», а, следовательно, менее квалифицированных сотрудников. В этом случае сиюминутная экономия может превратиться в катастрофические убытки в будущем.

Третье объяснение – часть функций по управлению предприятием была передана обслуживающим компаниям, например, функция по ведению бухгалтерского

учета. Так как мы видим увеличение расходов на оплату услуг сторонних организаций почти в два раза, это может считаться правдоподобным объяснением. В таком случае важно сохранить контроль при принятии стратегических решений, и иметь возможность проверять качество оказанных услуг по управлению.

Дебиторская задолженность в балансе ООО «Тамбовский бекон» на 31.12.2022 года составляет 2236935 тыс. руб., из них – 664628 тыс. руб. – авансы выданные. Самая большая сумма – аванс, перечисленный ООО «Осирис». По состоянию на 31.12.2023 года сумма краткосрочной дебиторской задолженности составила 2274245 тыс. руб., из них 648571 тыс. руб. – авансы выданные.

В том случае, когда организация перечисляет аванс контрагенту, она за счет своих денежных средств финансирует деятельность этого контрагента. Используя эти деньги в своем обороте, ООО «Тамбовский бекон» мог бы получить дополнительную прибыль.

В учете числится просроченная дебиторская задолженность, которая показана в таблице 6.

Таблица 6 – Просроченная дебиторская задолженность ООО «Тамбовский бекон»

Наименование показателя	2021	2022	2023
Просроченная дебиторская задолженность всего	201273	701368	795985
в том числе, расчеты с покупателями и заказчиками	9259	6775	4781
Авансы выданные	9396	511388	782349
Прочая дебиторская задолженность	182618	183205	8855

Как видно из таблицы 6, часть выданных авансов относится к просроченной дебиторской задолженности. То есть, контрагенты получили на свой расчетный счет деньги от ООО «Тамбовский бекон», но не произвели поставку товарно-материальных ценностей в соответствии с договором. По состоянию на 31.12.2023 года таких просроченных авансов накопилось на 782349 тыс. руб. Часть этой дебиторской задолженности была уже признана сомнительной и под нее создан резерв на сумму 511388 тыс. руб.

Резерв сомнительной дебиторской задолженности создается за счет прибыли организации, это ухудшает финансовые показатели. Очевидно, что наше предприятие упускает шанс получить доход, используя эти средства к своей выгоде.

Таким образом, заметим следующее:

1. Рост заработной платы опережает рост производительности труда – отрицательная тенденция.
2. Относительно низкий уровень автоматизации производственных процессов, ставка на использование относительно дешевого, малоквалифицированного ручного труда – отрицательная тенденция.
3. Резкое колебание доли материальных расходов – что может указывать на потери животных из-за плохого содержания или болезней – отрицательная тенденция.
4. Сокращение расходов на маркетинговые исследования почти в два раза за три года – может стать источников проблем в будущем.
5. Значительная сумма просроченных авансов, выданных поставщикам, более полумиллиарда рублей из этих авансов признано сомнительной дебиторской задолженностью – отрицательная тенденция.

Выявленные проблемы требуют принятия соответствующих управленческих решений, в частности, необходимо переходить на роботизированную переработку мясной продукции.

Преимущества автоматизации переработки мяса:

– повышение производительности – автоматизация позволяет значительно увеличить объемы производства за счет ускорения процессов и сокращения времени обработки;

– снижение трудозатрат – внедрение автоматических систем уменьшает потребность в ручном труде и снижает физическую нагрузку на работников;

– повышение качества продукции – точные и надежные автоматизированные системы обеспечивают высокое качество и однородность конечной продукции;

– улучшение безопасности – автоматизация снижает риск травм и несчастных случаев на производстве.

Список цитированных источников

1. Бондарская, Т. А. Экономическая безопасность предпринимательской деятельности / Т. А. Бондарская, Л. В. Минько, О. В. Бондарская. – Тамбов : ТОИПКРО. – 2020. – 126 с.

2. Бондарская, Т. А. Формирование регионального взаимодействия бизнес-структур / Т. А. Бондарская // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. науч. статей XIV Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 26–27 мая 2022 г. / редкол. : Г. И. Гануш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2022. – 380 с.

3. Об обществах с ограниченной ответственностью : Федеральный закон, 8 февр. 1998 г. № 14-ФЗ // КонсультантПлюс.Россия : справ. правовая система (дата обращения: 16.11.2024).

4. О несостоятельности (банкротстве) : Федеральный закон, 26 окт. 2002 г. № 127-ФЗ // КонсультантПлюс.Россия : справ. правовая система (дата обращения: 16.11.2024).

References

1. Bondarskaya T.A., Min'ko L.V., Bondarskaya O.V. Ekonomicheskaya bezopasnost' predprinimatel'skoj deyatel'nosti. Izd-vo TOIPKRO. – Tambov. – 2020. – 126 s.

2. Bondarskaya T.A. Formirovanie regional'nogo vzaimodejstviya biznes-struktur / Formirovanie organizacionno-ekonomicheskikh uslovij effektivnogo funkcionirovaniya APK // sbornik nauchnyh statej XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Minsk, 26–27 maya 2022 goda) / redkol.: G. I. Ganush [i dr.]. – Minsk : BGATU, 2022. – 380 s. – ISBN 978-985-25-0158-3. S. 19-22.

3. Federal'nyj zakon «Ob obshchestvah s ogranichennoj otvetstvennost'yu» ot 08.02.1998 № 14-FZ – [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17819/

4. Federal'nyj zakon «O nesostoyatel'nosti (bankrotstve)» ot 26.10.2002 № 127-FZ – [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39331/

УДК 614.23

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Т. А. Бондарская, заведующий кафедрой экономической безопасности
и качества, Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов, Россия, e-mail: bta_tgtu@mail.ru*

Реферат

Человеческий капитал – это основа экономического развития любой страны, региона, предприятий и организаций, роль которого в современном мире неуклонно растет. Именно поэтому для его сохранения и роста необходима

развитая система здравоохранения. В современных условиях система обязательного медицинского страхования сталкивается с большим количеством вызовов, среди которых можно выделить недостаток финансовой обеспеченности, рост затрат на медицинские услуги и другое. Эффективное управление в сфере здравоохранения является залогом здоровья нации и устойчивого социального развития региона.

Ключевые слова: устойчивого социального развития региона, система здравоохранения, эффективное управление, население муниципального образования.

Источниками финансового обеспечения в сфере охраны здоровья являются средства федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов, средства обязательного медицинского страхования, средства организаций и граждан, средства, поступившие от физических и юридических лиц, в том числе добровольные пожертвования, и иные не запрещенные законодательством Российской Федерации источники.

За пять последних лет сумма средств, выделяемых сфере здравоохранения Тамбовской области, увеличилась почти в полтора раза. Более всего увеличился объем средств, выделяемых из федерального бюджета. В 2023 году они составили 2 866 425 тыс. руб., что в 4,65 раз больше, чем в 2019 году. В меньшей степени увеличились средства, полученный от деятельности, приносящей доход.

Самый значительный вклад в финансирование здравоохранения вносят средства обязательного медицинского страхования (ОМС).

Эти средства, в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2010 N 326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании», аккумулируются в Фонде обязательного медицинского страхования (ФОМС). Физические и юридические лица, производящие выплаты работникам, индивидуальные предприниматели, обязаны начислять и уплачивать страховые взносы.

Граждане довольно часто, однако, высказывают свое недовольство системой здравоохранения.

На рисунке 1 показан вклад различных факторов в недовольство населения России медицинской помощью.



Рисунок 1 – Вклад различных факторов в недовольство населения России медицинской помощью

К важным замечаниям можно отнести: невнимание врача к пациенту, отсутствие возможности выбрать клинику (хотя, формально, полис обязательного медицинского страхования дает право пациенту на выбор врача и медицинского учреждения, на практике люди остаются прикрепленными к своему участку), а также проблемы с диагностикой (это случаи, когда врач оказался не в состоянии правильно распознать заболевание), например,

- 1) свидетельство недостаточной квалификации врачей;
- 2) недостаточное количество времени, которое выделяется на осмотр одного пациента;
- 3) недостаток современного диагностического оборудования и, что самое печальное, неумение им пользоваться.

Следует отметить и высокую стоимость лекарств. Как известно, государство регулирует цены на них из списка жизненно важных лекарств. Но производители заявляют, что установленный уровень цен не позволяет им работать рентабельно, из-за чего вообще прекращают выпуск относительно дешевых лекарственных средств. И пока еще имеют место большие очереди на прием. В лечебных учреждениях, где налажена электронная очередь, эту проблему решить удалось. Но в условиях дефицита врачей очереди являются неизбежным злом.

Отметим проекции система показателей экономической безопасности организаций здравоохранения в таблице 2.

Таблица 2 – Система показателей экономической безопасности организаций здравоохранения

Составляющие (проекции) системы	Индикаторы
Макроэкономическое развитие региона	1. Численность населения региона (ЧН). 2. ВРП на душу населения (ВРП)
Кадровая обеспеченность	1. Число врачей, работающих на станциях скорой медицинской помощи, на 10000 человек населения (ЧВ). 2. Число среднего медицинского персонала, работающего на станциях скорой медицинской помощи, на 10000 человек населения (ЧСМП)
Социальная безопасность	1. Средняя длительность пребывания пациента на койке в учреждении в году (в днях) (СДПП). 2. Число лиц, которым оказана помощь при выездах (ЧЛОП)
Техническая оснащенность	1. Число коек (ЧК). 2. Число автомобилей скорой медицинской помощи (ЧА). 3. Число дневных стационаров медицинских организаций (ЧДС)

В таблице 3 предлагаются показатели развития здравоохранения по ЦФО.

Таблица 3 – Показатели развития здравоохранения по регионам Центрального федерального округа

Область	ЧБ	ЧК	СДПП	ЧДС	ЧЛОП	ЧВ	ЧСМП	ЧА
Белгородская	40	10833	11,3	46	490325	0,75	6,7	171
Брянская	46	8541	11	148	384169	0,43	7,8	287
Владимирская	49	9976	11,9	176	441974	0,5	5,2	240
Воронежская	61	16615	10,6	176	665010	0,84	6,6	331
Ивановская	37	7107	11,5	62	324162	0,9	7,8	165

Продолжение таблицы 3

Область	ЧБ	ЧК	СДПП	ЧДС	ЧЛОП	ЧВ	ЧСМП	ЧА
Калужская	38	5969	11	55	253971	0,26	5,3	180
Костромская	32	5310	11,7	81	200492	0,59	7,6	109
Курская	49	8514	12,7	114	417345	0,84	6,6	164
Липецкая	37	8873	10,5	76	359723	0,77	6,1	159
Московская	164	48637	10,6	515	2297826	1,12	5	852
Орловская	34	5639	11,4	82	236412	0,46	6,6	165
Рязанская	41	8191	11,1	105	345372	0,69	6,7	202
Смоленская	44	7195	11,9	117	293049	0,68	5,8	270
Тамбовская	39	7138	11,6	102	280156	0,35	7,5	193
Тверская	57	10341	12	127	367384	0,89	6,6	281
Тульская	43	11881	11,8	135	408293	0,46	7	212
Ярославская	43	9897	12,2	123	382397	1,34	5,9	259

Московская область – лидер по числу больниц, коек, дневных стационаров, автомобилей скорой медицинской помощи. Тамбовская область по всем показателям имеет средние значения.

Эффективность использования дорогостоящего медицинского оборудования ниже, чем за рубежом. Все вышеперечисленное ставит под сомнение возможность полноценного выполнения системой здравоохранения ее задач.

Очевидно, что на уровень здоровья населения влияют вредные привычки: курение, потребление алкоголя, наркотиков. Непосредственно медицинские учреждения не могут повлиять на эти привычки, они лишь борются с их последствиями.

В Центральном регионе Тамбовская область заняла второе место, что доказывает эффективное расходование финансовых ресурсов, выделяемых системе здравоохранения региона.

В нашей области, к примеру, достаточно высокая ожидаемая продолжительность жизни и довольно скромные доходы (внутренний региональный продукт) в расчете на душу населения. Уровень потребления крепкого алкоголя на душу населения в 2022 году составил 7,5 литра. Все это в совокупности позволило региону занять второе место.

Для поиска путей повышения экономической безопасности в сфере здравоохранения, вначале необходимо рассмотреть возможные сценарии развития этой сферы.

Во-первых, большинство граждан России не понимают или не хотят понимать, что они сами несут ответственность за свое здоровье. И взрослое население, и дети не стремятся в своей массе отказываться от вредных привычек. Самое простое, что можно сделать – увеличить двигательную активность, но многие предпочитают проводить свободное время, сидя за компьютером или лежа у телевизора.

Попытки изменить систему оплаты труда в сфере здравоохранения привели к тому, что всеми финансовыми ресурсами распоряжается главврач, который иногда волонтаристски решает, какому работнику сколько платить.

В настоящее время известны сценарии развития российской системы здравоохранения. Нашему региону близок по развитию сценарий «Реформы плюс ресурсы».

Данный сценарий предусматривает решение задач улучшения здоровья населения и обеспечения государственных гарантий бесплатного оказания медицинской помощи за счет разумного объединения усилий государства, работодателей и платежеспособной части граждан в финансировании здравоохранения и поэтапного внедрения новых организационных и финансовых механизмов.

Предприятие нанимает работников, которые производят продукцию. За это предприятие платит работникам заработную плату, от которой начисляются страховые взносы в Фонд обязательного медицинского страхования в размере 5,1 % от суммы оплаты труда. Кроме того, являясь налоговым агентом, предприятие удерживает из заработка работников налог на доходы физических лиц, который зачисляется в региональный бюджет.

Затем средства распределяются между медицинскими учреждениями.

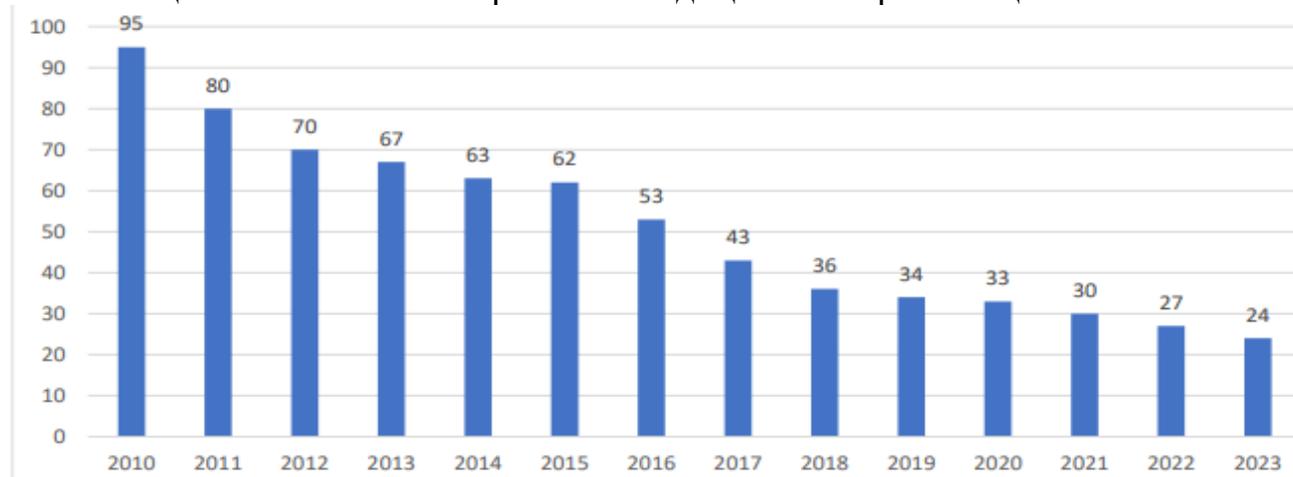
Чем больше на территории региона предприятий, чем больше там трудится работников с высокой заработной платой, тем больше будет размер финансирования здравоохранения региона.

Получая финансовые средства, медицинские организации оказывают услуги самим работникам и членам их семей.

Как выяснилось ранее, бюджет Федерального фонда ОМС в основном зависит от размера страховых взносов.

Проблема, из-за которой система финансирования ОМС сталкивается с нехваткой денежных средств, в том числе связана с неспособностью собирать страховые взносы вовремя.

Таблица 4 – Количество страховых медицинских организаций в России



Из графика мы можем увидеть, что с каждым днем страховых медицинских организаций становится все меньше.

Еще одной значимой проблемой в системе ОМС является то, что в основе планирования объемов оплаты медицинской помощи лежит не фактическая потребность, а финансовая возможность субъекта.

На сегодняшний момент актуальной проблемой остается недостаточный контроль за использованием средств, выделяемых из государственного бюджета на обеспечение ОМС.

Таким образом, средств ОМС в полной мере недостаточно для обеспечения системы здравоохранения. В сложившейся объективной ситуации неудовлетворительного финансирования здравоохранения в Российской Федерации необходимо

повысить эффективность использования средств, но для этого следует усилить контроль за использованием средств, направленных на реализацию программ ОМС. Очевидно, что существует необходимость усиления государственного контроля за ресурсами, выделяемыми на здравоохранение, и в первую очередь нужны меры общественного контроля за деятельностью системы обязательного медицинского страхования.

Чем лучше финансовое обеспечение сферы здравоохранения, тем более качественные услуги будут доступны населению. Не будет дефицита врачей общей практики и узких специалистов, не будет очередей на компьютерную томографию или МРТ.

Следовательно, можно ожидать, что уровень здоровья населения при прочих равных условиях, окажется высоким.

Здоровые граждане могут интенсивнее трудиться, у них будет меньше рабочих дней, пропущенных из-за болезни.

Получается, что в этом случае процесс идет по нарастающему тренду.

Напротив, если количество предприятий на территории региона уменьшается, становится меньше количество работников, а зарплаты низкие, то медицинские организации будут получать недостаточное финансирование.

Как следствие, качество медицинских услуг окажется относительно низким, жителям региона будет трудно получить своевременную квалифицированную помощь.

Тогда и здоровье населения в среднем ухудшится.

Следовательно, сфера здравоохранения региона будет в безопасности в том случае, если регион является инвестиционно-привлекательным.

Однако не все в сфере здравоохранения решается деньгами.

Необходимо, чтобы жители региона заботились о своем здоровье сами.

Отказ от вредных привычек не требует каких-либо финансовых затрат, но дает очень серьезный прирост уровня здоровья. Полагаем, что нужна региональная программа, пропагандирующая здоровый образ жизни, и нацеленная на детей, начиная с детского сада. Взрослых, как правило, труднее перевоспитать, но если с детства приучать к полезным привычкам в питании, физической культуре, это может остаться с человеком на всю жизнь.

Следует повышать уровень знаний людей в отношении их собственного здоровья. Например, каждый взрослый человек должен хорошо распознавать симптомы инсульта или диабетической комы. Не лишнее обучать граждан приемам первой помощи, только делать это не формально, а таким образом, чтобы человек действительно мог перевязать рану или наложить жгут.

Следует давать правдивую информацию о медицинских процедурах и лекарствах. Как показала недавняя эпидемия COVID-19, значительная часть населения довольно скептически отнеслась к идее вакцинации. В какой-то степени – это результат того, что люди успели забыть, какой ущерб наносили эпидемии оспы или полиомиелита.

По нашему мнению, важным направлением повышения экономической безопасности сферы здравоохранения является развитие информатизации данной сферы. Во-первых, те программы, которые используются сейчас, позволяют

дублировать бумажные документы. Но уже давно есть способы визуализации данных, которые можно использовать, например, при ведении карточки больного. Тогда врач будет видеть не только цифры, обозначающие кровяное давление или температуру, но и графическое изображение динамики этих показателей.

Во-вторых, надо, чтобы данные о пациенте собирались и накапливались в одном месте. Следует обеспечить сохранность этих данных, и предотвратить несанкционированный доступ. В тоже время вся необходимая информация будет доступна каждому лечащему врачу.

К определенной части информации можно предоставить доступ самому пациенту, который может вносить записи в дневник самоконтроля. В дальнейшем возможна передача данных о параметрах здоровья пациента непосредственно от «умных» устройств.

Список цитированных источников

1. О бюджете территориального фонда обязательного медицинского страхования Тамбовской области на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов : Закон Тамбовской области, 22 дек. 2021 г. № 36-З // Официальное опубликование правовых актов. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/6800202112270010?index=18> (дата обращения: 10.11.2024).

2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации, 7 мая 2018 г. № 204. – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 10.11.2024).

3. О Программе государственных гарантий бесплатного оказания населению Тамбовской области медицинской помощи на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов : постановление администрации Тамбовской области, 30 дек. 2021 г. № 987 // Официальное опубликование правовых актов. [сайт] – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/> (дата обращения: 10.11.2024).

4. Бондарская, О. В. Экономическая безопасность субъектов российского рынка: современное состояние и меры по ее обеспечению / Т. А. Бондарская, Л. В. Минько : монография. – Тамбов : ТОИПКРО, 2020. – 220 с.

References

1. Zakon Tambovskoj oblasti "O byudzhete territorial'nogo fonda obyazatel'nogo medicinskogo strahovaniya Tambovskoj oblasti na 2022 god i na planovyj period 2023 i 2024 godov" ot 22.12.2021 № 36-Z

2. O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda: ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2018 № 204. - Rezhim dostupa: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>.

3. Postanovlenie administracii Tambovskoj oblasti ot 30.12.2021 № 987 "O Programme gosudarstvennyh garantij besplatnogo okazaniya naseleniyu Tambovskoj oblasti medicinskoj pomoshchi na 2022 god i na planovyj period 2023 i 2024 godov" [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://publication.pravo.gov.ru/>

4. Bondarskaya, O. V. Ekonomicheskaya bezopasnost' sub"ektov rossijskogo rynka: sovremennoe sostoyanie i mery po ee obespecheniyu / T.A. Bondarskaya, L.V. Min'ko //: monogr. Tambov : Izd-vo TOIPKRO, 2020. 220 s.

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

*И. М. Гарчук, к. э. н., доцент, заведующий кафедрой менеджмента,
Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь,
e-mail : garchuk_im@mail.ru*

Реферат

В статье рассмотрены группы экспертных методов прогнозирования, область их применения, преимущества и недостатки. Приведены виды методов исходя из характера процесса непосредственной выработки экспертной информации о прогнозировании. Дано описание аналитических методов прогнозирования: метода дерева целей, в основе которого лежит построение логической модели развития объекта прогнозирования, представляющей собой иерархическую структуру целей, путей и средств их достижения и матричного метода, особенность которого состоит в том, что большое количество факторов, в различной степени и по-разному влияющих на достижение конечных целей, группируется по характеру вносимого ими вклада в однородные комплексы или группы. Рассмотрена общая процедура реализации данных методов.

Ключевые слова: экспертные методы, прогнозирование, планирование, информация, дерево целей, матричный метод, факторы, показатели.

EXPERT METHODS OF FORECASTING AND MANAGEMENT OF AN ENTERPRISE

I. M. Garchuk

Abstract

The article considers groups of expert forecasting methods, their scope of application, advantages and disadvantages. The types of methods are given based on the nature of the process of direct development of expert information on forecasting. A description of analytical forecasting methods is given: the goal tree method, which is based on the construction of a logical model of the forecasting object development, which is a hierarchical structure of goals, ways and means of achieving them, and the matrix method, the peculiarity of which is that a large number of factors, in varying degrees and in different ways influencing the achievement of final goals, are grouped by the nature of their contribution to homogeneous complexes or groups. The general procedure for implementing these methods is considered.

Key words: expert methods, forecasting, planning, information, goal tree, matrix method, factors, indicators.

Введение

Совершенствование методов планирования и управления научно-техническим прогрессом является стимулом для развития методов прогнозирования и измерения процессов управления предприятием. прогнозирование занимает прочные позиции в общей теории управления. наряду с традиционными

математико-статистическими методами все шире используются методы и принципы эвристического предсказания, теории подобия, имитационного моделирования и др. применение более сложного и эффективного аппарата в прогнозировании обусловлено, главным образом, недостаточностью или отсутствием исходной информации об объекте прогнозирования и высоким уровнем неопределенности при разработке перспективных прогнозов. в этой связи большое распространение в практике разработки прогнозов получили экспертные методы, сфера применения которых постоянно расширяется. экспертные методы являются единственно пригодными для тех прогнозных задач, в которых исходная объективная информация либо недостаточна, либо отсутствует, либо не поддается формализации. данные методы предпочтительны при изучении динамики процессов, когда есть основания предполагать скачкообразные изменения или разрывы в развитии, а также, когда необходимо одновременно учесть достаточно большое количество факторов, влияющих на исход ситуации в будущем.

Экспертные метода прогнозирования. Экспертные методы прогнозирования по способу выработки информации о будущем подразделяются на две группы: интуитивные, где эксперты непосредственно (интуитивно) дают суждения о характеристиках и будущем состоянии объекта развития организации и аналитические, которые предполагают определенную аналитическую схему исследования задачи, которой должен руководствоваться каждый эксперт при формировании суждения.

Большинство интуитивных и аналитических методов прогнозирования могут использоваться в индивидуальном и групповом режимах. Более предпочтительными являются коллективные экспертные оценки, так как они обеспечивают большую объективность экспертных заключений. Экспертные методы различаются также характером процесса непосредственной выработки экспертной информации о прогнозировании:

- эксперты могут работать с заранее сформулированными анкетами – методы анкетного опроса;
- эксперты могут высказывать свои суждения и аргументы в форме свободного обмена мнениями – методы «комиссии»;
- эксперты могут «генерировать» идеи – методы «мозговых атак»;
- эксперты могут формировать согласованную картину прогнозирования, состоящую из большого количества взаимосвязанных событий – прогнозный сценарий [1].

Экспертиза может быть организована как разовое (однотуровое) исследование (большинство интуитивных методов), а может проводиться в несколько последовательных туров (метод «Дельфи», большинство аналитических методов) и др.

Преимущественным источником прогнозной информации при использовании интуитивных методов являются мнения, суждения, оценки высококвалифицированных специалистов в исследуемой области – экспертов. Интуитивные методы прогнозирования позволяют получить вполне надежную, а для некоторых видов прогнозов единственно возможную информацию. В зависимости от возможностей использовать в процедуре работы конкретного метода те или иные пути повышения объективности экспертных заключений получаемый

экспертный прогноз характеризуется большей или меньшей степенью субъективности.

К интуитивным методам прогнозирования относятся все разновидности экспертных опросов, как индивидуальных, так и коллективных. Информация, полученная от экспертов, рассматривается как прогнозная, ее анализ позволяет выработать рекомендации по прогнозу.

Аналитические методы прогнозирования. Аналитические методы так же, как и интуитивные, основаны на привлечении экспертов к оценке перспектив развития объекта прогнозирования. Однако, в отличие от интуитивных методов, заключающихся в широком использовании творческих возможностей свободного мышления экспертов и их знаний об объекте прогнозирования, аналитические методы предусматривают выработку прогнозной экспертной информации путем построения модели развития, установления количественных связей и пропорций между ее отдельными элементами.

Главным этапом в использовании аналитических методов является построение такой модели объекта прогнозирования, которая бы адекватно отражала ее поведение в прогнозном периоде, давала набор альтернатив научно-технического развития, надежно оценивала каждую из них.

В зависимости от принципов построения и формы представления моделей, характера участия экспертов в построении и оценке моделей аналитические методы подразделяются на группы методов, основанные на: морфологическом анализе; на построении и оценке дерева целей; построения сценария; на построении сетевых моделей и др.

Аналитические методы – это преимущественно методы нормативного прогнозирования, предусматривающие построение и анализ модели развития исходя из установленной (заданной) цели развития.

Одним из часто применяемых методов прогнозирования возможных направлений развития науки, техники, технологий является метод дерева целей, в основе которого лежит построение логической модели развития объекта прогнозирования, представляющей собой иерархическую структуру целей, путей и средств их достижения.

Общая процедура метода состоит:

- 1) из уточнения задания на прогноз и анализ объекта прогнозирования;
- 2) построения дерева целей (построения нормативного дерева целей);
- 3) количественной оценки дерева целей (построение дерева решений);
- 4) принятия решений на основании количественной оценки (собственно прогноз).

По своей топологической структуре дерево целей представляет собой конечный ориентированный граф, не содержащий циклов. Вершины этого графа или дерева представляют собой цели и подцели различных уровней, а ветви – связи между ними.

При построении дерева целей весь процесс рассматривается от будущего к настоящему. Установленная будущая цель развития последовательно, по принципу иерархии, декомпозируется на цели более низкого уровня, которые называют подцелями или задачами и которые служат средствами достижения целей более высокого уровня. Весь процесс декомпозиции осуществляется, как правило, до тех пор, пока на нижнем уровне не появятся конкретные варианты

исследований или разработок, т. е. до «заземления» целей. На рисунке 1 приведен общий вид дерева целей, представляющего собой трехуровневую иерархию [2].

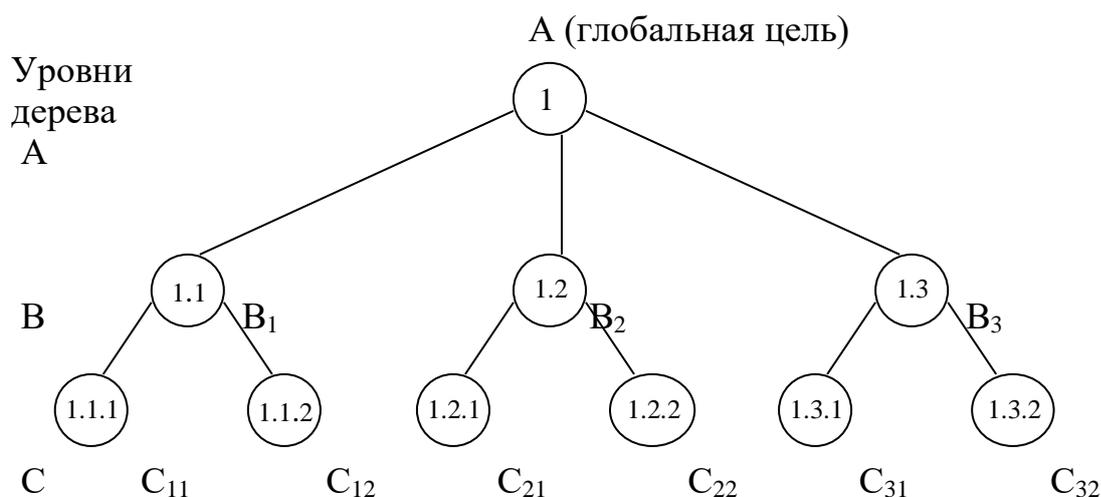


Рисунок 1 – Общий вид дерева целей

При построении нормативного дерева целей в дополнение к общим принципам декомпозиции должны быть учтены следующие основные требования:

- дерево целей должно представлять собой совершенную иерархию, т. е. не должно существовать связей между элементами одного уровня;
- каждая вершина дерева должна представлять собой цель для всех исходящих ветвей;
- все цели более низкого уровня должны являться средствами достижения целей более высокого уровня вплоть до вершины графа;
- исходящие из одной вершины ветви должны образовывать замкнутое множество, т. е. перечень подцелей, связанных с одной вершиной, должен быть конечным;
- подцели любого уровня, связанные с одной вершиной, должны быть независимыми, т. е. влияние каждой из них не должно зависеть от того, какие еще подцели существуют на данном уровне.

Нормативное дерево целей имеет самостоятельное значение и используется в решении прогнозных задач, связанных с выявлением альтернатив достижения заданной цели.

Дерево целей хорошо поддается формализации для дальнейшей математической обработки. С помощью данного метода могут решаться прогнозные задачи распределения ресурсов между исследованиями или разработками, установления приоритетов и очередности финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, их включения в тематических планы и др.

Еще одним аналитическим методом прогнозирования является матричный метод.

Матричный метод прогнозирования применительно к оценке важности научно-исследовательских работ позволяет:

- оценить относительную важность развития отдельных направлений науки и техники на заранее установленный комплекс целей;
- провести анализ вариантов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и проранжировать их по степени важности;

- выявить наиболее важные области науки и техники, вносящие наибольший вклад в достижение поставленных целей;
- определить эффективные методы использования имеющихся технических средств.

Особенность метода состоит в том, что большое количество факторов, в различной степени и по-разному влияющих на достижение конечных целей, группируется по характеру вносимого ими вклада в однородные комплексы или группы. Дальнейший анализ и количественная оценка связей осуществляются применительно к выделенным комплексам или группам. При этом оценивается важность каждого показателя всех комплексов для каждого показателя всех дополнительных комплексов и полный вклад в комплекс конечных целей.

Реализация метода включает следующие основные этапы:

- 1) уточнение задания на прогноз;
- 2) анализ поставленных целей научно-технического развития, изучение и систематизация показателей, влияющих на их достижение;
- 3) идентификация показателей и группировка их в однородные комплексы, изучение возможных связей между комплексами;
- 4) построение на основе этапов 1–3 логической модели развития объекта;
- 5) количественная оценка модели;
- 6) обработка результатов экспертной оценки модели;
- 7) принятие прогнозных решений.

Графическую основу модели развития объекта прогнозирования в матричном методе представляет граф влияний. Вершинами графа являются выделенные комплексы показателей, а стрелками – взаимосвязи (направления влияния) комплексов показателей. Один из вариантов общего вида графа влияний, описывающего достижение целей научно-технического развития, представлен на рисунке 2.

Граф влияний включает следующие комплексы:

- перечень задач (З), обеспечивающих достижение комплекса целей (Ц);
- перечень технических средств, обеспечивающих решение данных задач (ТС);
- перечень методов, применяемых при решении данных задач (М);
- перечень областей техники, обеспечивающих развитие технических средств (ОТ);
- перечень областей науки (ОН), обеспечивающих развитие методов решения задач (М) и областей техники (ОТ).

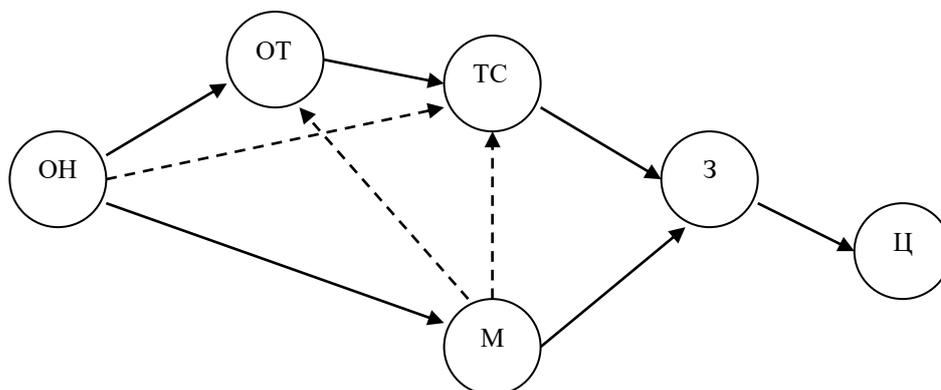


Рисунок 2 – График влияний достижения целей научно-технического развития

Сплошные стрелки – основные связи между комплексами показателей. Пунктирные стрелки – второстепенные связи между показателями. Граф влияния строится справа налево от комплекса целей (или одной цели). Непосредственное влияние показателей двух связанных комплексов (вершин графа влияния) друг на друга может быть отображено в виде матриц влияния с элементами, отражающими вклад i -го показателя комплекса 1 в развитие j -го показателя комплекса 2. При этом влияние (стрелка графа) направлено от комплекса 1 к комплексу 2. Граф влияния дополняется столькими матрицами влияния, сколько связей графа (основных и второстепенных) подлежат оценке. На рисунке 2 формируются и оцениваются матрицы влияния:

- матрица «задачи – цели» ($Z \rightarrow C$). Элементы этой матрицы оценивают вклад каждой из задач в достижение каждой из поставленных целей;
- матрица «методы – задачи» ($M \rightarrow Z$). Элементы этой матрицы оценивают целесообразность использования j -го метода для решения i -й задачи;
- матрица «уровень технических средств – задачи» ($ТС \rightarrow Z$). Элементы матрицы оценивают вклад каждого из технических средств в решение каждой задачи;
- матрица «области техники – технические средства» ($ОТ \rightarrow ТС$);
- матрица «области науки – области техники» ($ОН \rightarrow ОТ$);
- матрица «области науки – методы» ($ОН \rightarrow М$).

Оценка элементов матрицы влияния осуществляется экспертным путем. При этом для каждой матрицы формируется специальная экспертная группа из специалистов в данной конкретной области. Все экспертные оценки усредняются с учетом показателей компетентности экспертов и обрабатываются по процедуре оценки относительной важности [3].

Матричный метод прогнозирования требует достаточно высокого уровня общности проблемы (цели), но расчеты по нему хорошо поддаются алгоритмизации и формализации. На основе матричного метода разрабатываются комплексные методики и системы прогнозирования научно-технического развития.

Заключение

Недостаточные полнота и достоверность информации часто не позволяют применить математические методы для решения задач прогнозирования, планирования и управления. В этих условиях экспертные процедуры дают возможность успешно решать перечисленные задачи. Экспертные методы находят широкое применение в научно-техническом, социально-экономическом прогнозировании, в планировании народного хозяйства, отраслей, в разработке научно-технических, экономических и социальных программ, в решении отдельных вопросов управления.

Общая особенность экспертных методов состоит в том, что практически вся процедура их работы (за исключением отдельных этапов статистического анализа результатов экспертных опросов) трудно поддается формализации. В связи с этим все экспертные методы характеризуются наиболее высокой по сравнению с другими методами прогнозирования степенью субъективности, которая объясняется как интуитивным характером прогнозной информации, получаемой от экспертов, так и неизбежностью элементов субъективности в самой процедуре работы методов.

Областью применения экспертных методов являются преимущественно задачи долгосрочного планирования, прогнозные задачи с неформализуемой информацией и задачи верификации прогнозов.

Список используемых источников

1. Высоцкий, О. А. Теория измерения управляемости хозяйственной деятельностью предприятий / О. А. Высоцкий ; под науч. ред. Р. С. Седегова. – Минск : Право и экономика, 2004. – 394 с.
2. Методология измерения и практикум по управлению организацией (в стартовых условиях устойчивого развития организации) / О. А. Высоцкий, И. М. Гарчук, Н. С. Данилова [и др.] ; под ред. О. А. Высоцкого. – Минск : Право и экономика, 2016. – 270 с.
3. Евланов, Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. – М. : Экономика, 1978. – 133 с.

References

1. Vysotskiy, O. A. Teoriya izmereniya upravlyayemosti khozyaystvennoy deyatel'nost'yu predpriyatiy / O. A. Vysotskiy ; pod nauch. red. R. S. Sedegova. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2004. – 394 s.
2. Metodologiya izmereniya i praktikum po upravleniyu organizatsiyey (v startovykh usloviyakh ustoychivogo razvitiya organizatsii) / O. A. Vysotskiy, I. M. Garchuk, N. S. Danilova [et al.] ; pod red. O. A. Vysotskogo. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2016. – 270 s.
3. Yevlanov, L. G. Ekspertnyye otsenki v upravlenii / L. G. Yevlanov, V. A. Kutuzov. – M. : Ekonomika, 1978. – 133 s

UDC 8

THE ROLE OF LEARNING VOCABULARY IN ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES

*B. J. Geldiyeva, Senior lecturer of English State Energy Institute of Turkmenistan
Mary, Turkmenistan bahargeldiyeva.tm@gmail.com*

*G. G. Akmyradov, Senior lecturer of English State Energy Institute of Turkmenistan
Mary, Turkmenistan gadam.engl@yandex.ru*

Abstract

In the contemporary world, proficiency in English has become a vital asset across various domains. The role of English for Specific Purposes (ESP) has gained prominence in higher education, where students are required to attain language skills tailored to their particular fields of study or professional aspirations. ESP serves as a bridge that connects learners with the language demands of their disciplines, making vocabulary development a crucial component of this educational approach. A well-developed vocabulary not only enhances communication but also deepens comprehension, allowing students to express their ideas with precision and confidence. The article explores the lexical approach in ESP and its significance in vocabulary teaching, the types of vocabulary, including technical and semi-technical terms, as well as the Academic Word List (AWL). It also discusses different vocabulary learning strategies and technology, which enhanced vocabulary for ESP students.

Keywords: English for Specific Purposes, lexical approach, Academic Word List, chunking and collocations, metacognitive/cognitive strategies, vocabulary acquisition.

РОЛЬ ИЗУЧЕНИЯ СЛОВАРЯ ПО АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

*Б. Дж. Гельдыева, ст. преподаватель английского языка, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан,
bahargeldiyeva.tm@gmail.com*

*Г. Г. Акмырадов, ст. преподаватель английского языка, Государственный энергетический институт, Туркменистана, Мары, Туркменистан,
gadam.engl@yandex.ru*

Реферат

В современном мире знание английского языка стало жизненно важным фактором в различных областях. Роль английского языка для специальных целей (ESP) приобрела популярность в сфере высшего образования, поскольку студенты должны овладеть языковыми навыками, адаптированными к их специальностям. ESP служит мостом, который связывает учащихся с языковыми требованиями их дисциплин, делая развитие словарного запаса важнейшим компонентом этого образовательного подхода. Хорошо развитый словарный запас не только улучшает общение, но и углубляет понимание, позволяя учащимся выражать свои идеи точно и уверенно. В данной статье исследуется лексический подход в ESP и его значение в преподавании лексики, виды лексики, включая технические и полутехнические термины, а также академический список слов (AWL). В ней также обсуждаются различные стратегии изучения словарного запаса, а также технологии, которые увеличивают словарный запас учащихся ESP.

Ключевые слова: английский для специальных целей, лексический подход, академический список слов, деление слов на блоки и словосочетания, метакогнитивные/когнитивные стратегии, расширенный с помощью технологий словарный запас, овладение словарным запасом.

Introduction

In our increasingly globalized world, we've come to recognize the pivotal role of English for Specific Purposes (ESP) in various professional fields. As educators and learners, we often ask ourselves why learning vocabulary is important in ESP. The answer lies in the fact that specialized vocabulary forms the backbone of effective communication in specific domains, be it business, medicine, or engineering. This targeted approach to language learning has an impact on how professionals interact, collaborate, and succeed in their respective fields.

English for Specific Purposes (ESP) is a unique approach to language teaching that focuses on meeting the specific needs of learners in various professional fields. We recognize that ESP has a significant impact on how professionals communicate and succeed in their respective domains. Unlike general English courses, ESP has a more targeted and practical approach to language learning. The primary objective of ESP courses is to equip learners with the language skills they need to function effectively in their professional environments. We aim to provide students with the tools they need to communicate efficiently and accurately within their chosen fields. This

approach enhances the relevance of what students are learning, enabling them to apply their knowledge immediately in their work or studies [1].

Some key goals of ESP courses include:

- to prepare students to read and understand field-specific materials in English;
- to familiarize students with technical terms relevant to their profession;
- to develop target performance competencies;
- to teach underlying knowledge specific to the field;
- to foster critical awareness and strategic competence.

ESP courses are built on a thorough assessment of learners' needs and the functions for which English is required in their professional context. This needs-based approach allows us to tailor the course content and methodology to meet the specific objectives of our students [2].

Differences from general English

ESP differs from general English in several important ways:

Learner profile. ESP students are typically adults who already have some knowledge of English and are learning the language for specific professional purposes. In contrast, general English learners may have varying levels of proficiency and motivations for learning the language [2].

Content focus. While general English covers a broad range of topics, ESP concentrates on language in context, focusing on the specific field or discipline of the learners. This targeted approach allows students to apply what they learn in their English classes directly to their main field of study [2].

Language skills emphasis. In general English, all four language skills (listening, reading, speaking, and writing) are usually given equal importance. However, in ESP, the emphasis on different skills is determined by the needs analysis of the learners. For example, an ESP course for business administration students might focus more on developing reading skills, while a course for aspiring tourist guides might prioritize spoken skills [2].

Authenticity of materials. ESP courses often use authentic materials such as textbooks, articles, and videos that are directly relevant to the learners' field. This approach helps students engage with real-world content and terminology specific to their profession [3].

Methodology. ESP employs a more practical and goal-oriented methodology compared to general English. We often use task-based and communicative language teaching methods to help learners develop the specific language skills they need in their professional contexts [3].

By understanding these key differences and objectives, we can better appreciate why learning vocabulary is important in ESP. The specialized nature of ESP requires a focused approach to vocabulary acquisition, ensuring that learners can effectively communicate within their chosen fields. This targeted vocabulary development is crucial for professional success and forms an essential part of ESP curriculum design.

The Lexical Approach in ESP

The lexical approach has gained significant attention in recent years as an alternative to grammar-based approaches in English for Specific Purposes (ESP). This method focuses on developing learners' proficiency with lexis, which includes words and word combinations. We believe that an essential part of language acquisition is

the ability to comprehend and produce lexical phrases as unanalyzed wholes, or “chunks”. These chunks become the raw data by which learners perceive patterns of language traditionally thought of as grammar.

In ESP, we recognize the importance of lexical items in effective communication. The lexical approach makes a distinction between vocabulary-traditionally understood as a stock of individual words with fixed meanings and lexis, which includes not only single words but also word combinations that we store in our mental lexicons. This approach has an impact on how we teach and learn specialized vocabulary in ESP contexts.

Principles of lexical approach

The key principle of the lexical approach is that “language consists of grammaticalized lexis, not lexicalized grammar”. (Michael Lewis, 1993) This means that lexis plays a central role in language teaching and learning. We emphasize that language production is the piecing together of ready-made units appropriate for particular situations. Comprehension of such units depends on knowing the patterns to predict in different contexts.

In ESP, we focus on relatively fixed expressions that occur frequently in spoken language within specific professional fields. For example, in business English, we might teach phrases like “I’ll get back to you on that” or “Let’s schedule a meeting to discuss this further”. By learning these chunks, ESP students can communicate more effectively in their professional environments.

To implement the lexical approach in ESP, we use various activities to develop learners’ knowledge of lexical chains. These include:

- intensive and extensive listening and reading in the target language;
- first and second language comparisons and translation carried out chunk-for-chunk, rather than word-for-word-aimed at raising language awareness;
- noticing and recording language patterns and collocations;
- working with dictionaries and other reference tools;
- working with language corpora created for use in the classroom or accessible on the Internet.

Chunking and collocations

Chunking and collocations are essential concepts in the lexical approach for ESP. Chunks are groups of words that are often used together and have some grammatical structure. Collocations, on the other hand, are words that frequently occur together without much grammar involved. For instance, in business English, “to close a deal” is a collocation, while “If I were you, I’d consider the long-term implications” is a chunk.

We find that focusing on chunks and collocations has several benefits for ESP learners:

- increased fluency: Learning and using chunks allows students to process larger units of information more efficiently, leading to faster and more natural communication in their professional contexts.
- boosted confidence: By mastering common phrases and expressions specific to their field, learners feel more confident in their ability to communicate effectively.
- exposure to words in context: Chunks and collocations help students learn words in their natural context, including their connotations and usage patterns.

- improved thinking in English: Working with chunks forces learners to pay attention to important aspects of the language, such as prepositions, articles, and countable/uncountable nouns.

In ESP, we emphasize the importance of teaching high-priority lexis, which needs to be carefully selected and included in learning materials and class activities. We encourage students to analyze authentic passages containing target lexical items, helping them develop the ability to recognize and use chunks effectively in their professional communication.

By implementing the lexical approach in ESP, we aim to equip learners with the language tools they need to function effectively in their specific professional environments. This approach enhances the relevance of what students are learning, enabling them to apply their knowledge immediately in their work or studies.

Types of Vocabulary in ESP

In English for Specific Purposes (ESP), we recognize the importance of different types of vocabulary to enhance effective communication in specialized fields. Understanding these categories is crucial for both teachers and learners to focus on the most relevant words and phrases for their specific needs.

General service vocabulary

The General Service List (GSL) plays a significant role in ESP vocabulary learning. This list, originally compiled by Michael West in 1953, contains approximately 2,000 words that are considered to be of greatest general use to English language learners [4]. These words form the foundation of English language proficiency and are essential for basic communication across various fields.

The GSL covers around 80 % of all words in written texts and 90 % of words in spoken English [4]. This high coverage makes it an invaluable resource for ESP students, providing them with a solid base upon which to build their specialized vocabulary. However, it's important to note that the GSL has some limitations. For instance, it includes some archaic terms like "shilling" while excluding more modern words such as "television" and "plastic" [5].

Sub-technical vocabulary

Sub-technical vocabulary refers to words that have meanings closely related to specific fields of study but also occur in general language. These words often take on particular meanings within specialized contexts, making them crucial for ESP learners to master. Examples include words like "abdomen", "cavity" and "muscles" [6].

Sub-technical vocabulary is particularly important in ESP because it bridges the gap between general English and highly specialized terminology. These words often have multiple meanings, some of which are technical in nature [6]. For instance, in computer science, the word "bug" has a specific meaning related to software errors, while in general English, it refers to an insect.

ESP teachers are typically more concerned with teaching sub-technical vocabulary, as it helps students navigate the nuances of their field without delving too deeply into highly specialized terms [6]. This focus allows learners to develop a more versatile vocabulary that can be applied across various contexts within their discipline.

Highly technical terms

Highly technical terms are words that have meanings specific to a particular field and are unlikely to be known in general language. These words typically cover only

about 5 % of texts in specialized fields [6]. Examples include “short circuit”, “bus-bar” and “fuse” in electrical engineering contexts.

While highly technical terms are essential for precise communication within a specific discipline, they are generally dealt with in subject classes rather than in ESP courses [6]. This is because these terms often require in-depth knowledge of the subject matter to be fully understood and used correctly.

However, ESP courses can still play a role in helping students develop strategies for learning and using technical terms effectively. This might include teaching students how to use context clues, analyze word parts, or use specialized dictionaries and resources specific to their field.

In conclusion, understanding the different types of vocabulary in ESP is crucial for why learning vocabulary is important in specialized fields. By focusing on a combination of general service, sub-technical, and highly technical vocabulary, ESP courses can equip learners with the language tools they need to communicate effectively in their professional environments. This targeted approach to vocabulary development enhances the relevance of what students are learning, enabling them to apply their knowledge immediately in their work or studies.

Vocabulary Learning Strategies for ESP Students

We recognize that learning vocabulary is important in ESP, and effective strategies can significantly enhance students’ ability to acquire and retain specialized terminology. Research has shown that ESP students employ various approaches to vocabulary learning, with a preference for metacognitive strategies and a positive attitude toward technology as a supportive tool for vocabulary acquisition [7].

Metacognitive strategies

Metacognitive strategies involve planning, monitoring, and evaluating one’s learning process. In ESP vocabulary learning, these strategies play a crucial role in helping students take control of their own learning and comprehension. For instance, students might plan vocabulary exercises, monitor their progress, and evaluate their learning outcomes [8]. By employing these strategies, learners can become more engaged and self-directed, which is essential for mastering the specialized vocabulary required in their professional fields.

Cognitive strategies

Cognitive strategies involve direct manipulation of the language material to be learned. In ESP vocabulary acquisition, these strategies include techniques such as guessing the meaning from context, consulting dictionaries, and identifying parts of speech of new terms [8]. Additionally, cognitive strategies linked to learned vocabulary are occasionally utilized, helping students reinforce their understanding of new terms [7].

Social/affective strategies

Social and affective strategies involve interaction with others and managing one’s emotions during the learning process. In ESP vocabulary learning, these strategies can be particularly effective. For example, students often prefer to consult their classmates about new vocabulary items rather than asking their teachers [8]. This peer-to-peer learning approach can create a supportive environment for vocabulary acquisition and help students feel more comfortable exploring new terms.

To enhance the effectiveness of vocabulary learning strategies in ESP, we believe it's crucial to incorporate these approaches into the curriculum deliberately. Research suggests that vocabulary learning strategies have to be purposefully taught to improve the existing situation [9]. By explicitly instructing students in these strategies, we can empower them to take control of their vocabulary learning and become more effective communicators in their specialized fields.

In conclusion, understanding why learning vocabulary is important in ESP goes hand in hand with developing effective learning strategies. By employing a combination of metacognitive, cognitive, and social/affective strategies, ESP students can enhance their ability to acquire, retain, and use specialized vocabulary in their professional contexts. As educators, it's our responsibility to guide students in developing these strategies and to create learning environments that support their vocabulary acquisition efforts.

Technology-Enhanced Vocabulary Learning in ESP

In the realm of English for Specific Purposes (ESP), technology has revolutionized the way we approach vocabulary teaching and learning. The integration of digital tools and resources has opened up new avenues for students to acquire specialized vocabulary more effectively. We recognize that learning vocabulary is important in ESP, and technology provides innovative methods to enhance this process.

Digital tools and resources

The advent of digital tools has significantly transformed the landscape of vocabulary acquisition in ESP. These tools offer a wide range of resources that cater to the specific needs of learners in various professional fields. For instance, online corpora have emerged as valuable assets for ESP students. They provide learners with access to authentic language use within their specific domains, allowing them to explore word combinations and communicative patterns relevant to their field of study [10].

Course management systems have also proven to be effective in ESP instruction. These platforms enable instructors to create tailored learning environments that address the unique vocabulary needs of their students. By utilizing these systems, we can deliver specialized content and exercises that focus on the technical and semi-technical vocabulary crucial for specific professions [10].

Another noteworthy digital resource is the use of wikis in ESP classrooms. These collaborative platforms encourage students to engage actively with vocabulary learning. By contributing to and editing wiki pages related to their field of study, learners can reinforce their understanding of specialized terms and concepts [10].

Mobile apps for vocabulary acquisition

Mobile applications have emerged as powerful tools to support vocabulary development in ESP contexts. These apps offer flexibility and convenience, allowing students to learn anytime and anywhere. One notable example is Anki, a digital flash-card app that incorporates a spaced repetition system. This app has shown promise in supporting more effective and long-term vocabulary learning, particularly for academic words [11].

Other popular apps like Duolingo, Lingo Kids, Babel, and Open Talk have gained support from ESP teachers for their potential to improve students' vocabulary [12]. These applications often employ gamification elements, making the learning process more engaging and motivating for students.

Mobile-assisted learning has also demonstrated its effectiveness in scaffolding EFL learners' vocabulary development. This approach provides various affordances that augment L2 literacy developments more effectively. For instance, mobile-assisted FonFs (Focus on Forms) has been found to be an effective strategy for teaching academic words, contributing significantly to both receptive and productive vocabulary learning [11].

The integration of these digital tools and mobile applications in ESP classrooms has had a profound impact on vocabulary acquisition. Research has shown that the use of digital technologies in foreign language teaching can have a significant positive effect on students' vocabulary learning achievement [12].

As we continue to explore why learning vocabulary is important in ESP, it's clear that technology plays a crucial role in enhancing this process. By leveraging digital tools and mobile apps, we can create more engaging, personalized, and effective learning experiences for ESP students. These technological advancements not only support the acquisition of specialized vocabulary but also foster learner autonomy and provide opportunities for extended practice beyond the classroom.

Conclusion

The significance of vocabulary in English for Specific Purposes (ESP) cannot be overstated. Throughout this article, we've explored the unique aspects of ESP and why learning specialized vocabulary is crucial for professionals in various fields. We've seen how the lexical approach, different types of vocabulary, and effective learning strategies all play a role in helping students master the language skills they need for their careers.

Technology has caused a revolution in vocabulary learning for ESP, offering new tools and methods to enhance the learning experience. From digital resources to mobile apps, these advancements have made it easier for students to engage with specialized vocabulary in meaningful ways. As we continue to develop new approaches to ESP, it's clear that a focus on targeted vocabulary acquisition will remain at the heart of effective language learning for specific purposes.

References

1. <https://school-education.ec.europa.eu/en/professional-development/courses/english-specific-purposes>
2. <https://www.usingenglish.com/teachers/articles/teaching-english-for-specific-purposes-esp.html>
3. <https://www.linkedin.com/pulse/english-specific-purposes-esp-versus-general-ge-amr-farag>
4. <https://eapfoundation.com/vocab/general/gsl/>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/General_Service_List
6. <https://www.univ-saida.dz/wp-content/uploads/2020/03/M1-did.class-notes-ESP-technical-vocab-or-ANALYSING-ESP-GENRES-MICROSTRUCTURE.pdf>
7. <https://ijte.org/index.php/journal/article/view/428>
8. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1336527.pdf>
9. <https://jeps.ibsu.edu.ge/jms/index.php/jeps/article/download/35/45/128>
10. https://www.researchgate.net/publication/282905477_The_use_of_technology_in_English_for_specific_purposes_ESP_instruction_a_literature_review
11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9885124/>
12. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/download/358/606/1400>

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ В ЭЛЕМЕНТАХ МАРКЕТИНГОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Р. В. Жариков, д. э. н., доцент, профессор кафедры экономической безопасности и качества, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В. В. Безпалов, д. э. н., профессор кафедры национальной и региональной экономики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия, Bezpalov.VV@rea.ru

Реферат

На сегодняшний день любое предприятие может столкнуться с проблемами в своей деятельности как в финансовом плане, так и с проблемами конкуренции на отечественном и международном уровне. В интересах самой компании в качестве необходимости стоит первостепенная задача в разработке маркетинговой стратегии. Построение маркетинговой стратегии невозможно без проведения маркетинговых исследований. Сама по себе маркетинговая стратегия представляет собой некий процесс управления рынком, где процессом руководят предприятия-производители и реализаторы услуг и товаров.

Ключевые слова: маркетинговая стратегия, экономическая безопасность, маркетинговые исследования, процесс управления рынком, управление процессом реализации.

Введение

Построение маркетинговой стратегии невозможно без проведения маркетинговых исследований. Сама по себе маркетинговая стратегия представляет собой некий процесс управления рынком, где процессом руководят предприятия-производители и реализаторы услуг и товаров. Проблемы маркетинговых исследований и маркетинговое планирование подробно рассмотрено как зарубежными авторами, так и в отечественных изданиях, такими известными авторами, как А. А. Малышев, К. А. Уитлер., А. Н. Бойченко, И. Д. Бекмурзаев, Н. А. Морган и др. [1, с. 62].

Успех маркетинговой деятельности компании определяется в большей мере качеством ее ведения. Поэтому, как правило, организации самостоятельно проводят не только маркетинговые исследования, но и разрабатывают узкоспециализированные стратегии.

Процессы в сборе, обработке и анализе рыночной среды могут во многом отличаться по своим направлениям деятельности организаций с целью не только принятия конкретных решений, но и в вопросах согласованности действий различных подразделений для оптимизации затрат.

Разнообразие в целеполагании маркетинговых проектов могут определяться не только маркетинговой стратегией организации, но гибко адаптироваться под внешние факторы воздействия, учитывая их различных направлениях маркетинга, - рекламе, сбытовой политике, логистике, оптовой и ценовой стратегии,

тем самым оказывая непосредственное влияние на процессы управления хозяйствующего субъекта.

Маркетинговые исследования напрямую влияют на принимаемые руководством решения не только в области маркетинга. Маркетинговые исследования дают полную и достоверную информацию о положении предприятия на рынке, что дает возможность руководству принимать единственно верные решения. На рисунке 1 показано, как маркетинговые исследования влияют на принятие управленческих решений.

При проведении маркетингового исследования должна соблюдаться технология, при которой исследуются внешние переменные, которые не регулируются со стороны управления фирмы [2, с.33]. Данная технология должна быть построена анализе внутренних составляющих организации, находящихся под контролем.

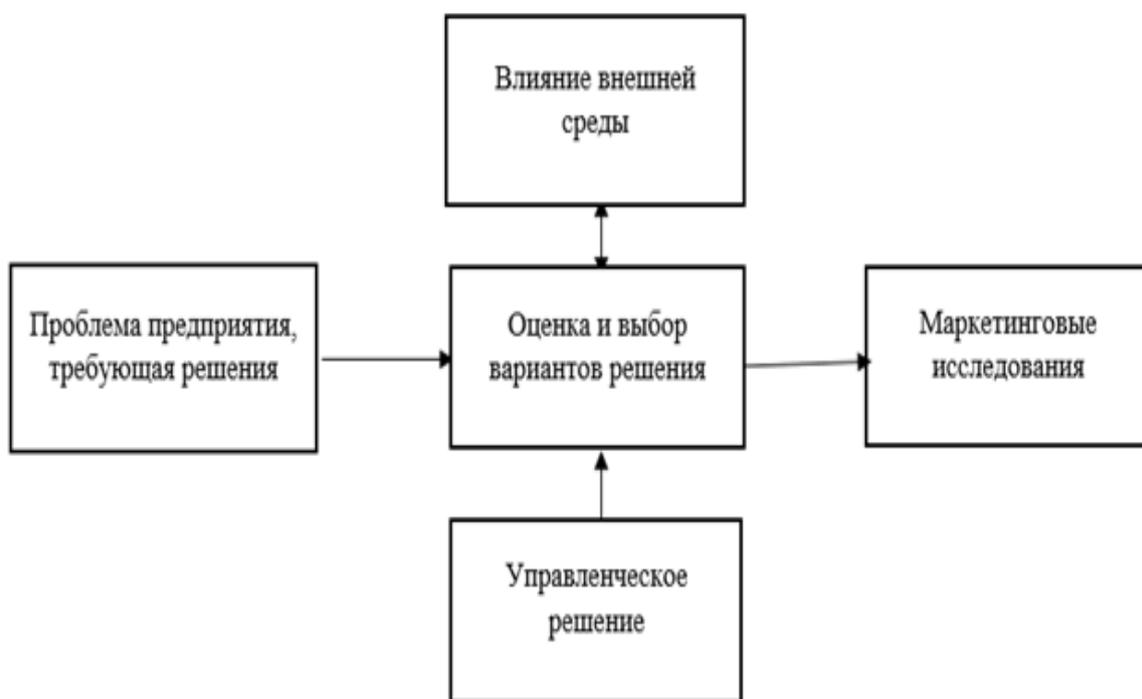


Рисунок 1 – Система функциональных маркетинговых элементов для принятия решения

Процесс проведения маркетингового исследования, как правило, имеет очерченные границы в области конкретного поиска решения конкретной задачи и проблематики организации и может иметь отдельные, либо быть составляющей [3, с. 135].

Поиск эффективного маркетинга может быть направлен на решение конкретной задачи, иметь прагматичные цели, но также может носить и вполне абстрагирующийся характер от основной деятельности организации, от ее целей и задач. В случае решения конкретной задачи проведение маркетингового исследования позволяет достигать не только поставленных целей, но и решать сопутствующие проблемы по созданию на перспективу благоприятных условий.

Конечно, проведение маркетинговых исследований не гарантирует, что после темпы спроса на товар повысятся. Но с их помощью можно построить

оптимальную схему взаимодействия производства, распространения и продвижения товара.

Этапы маркетингового исследования представлены на рисунке 2.

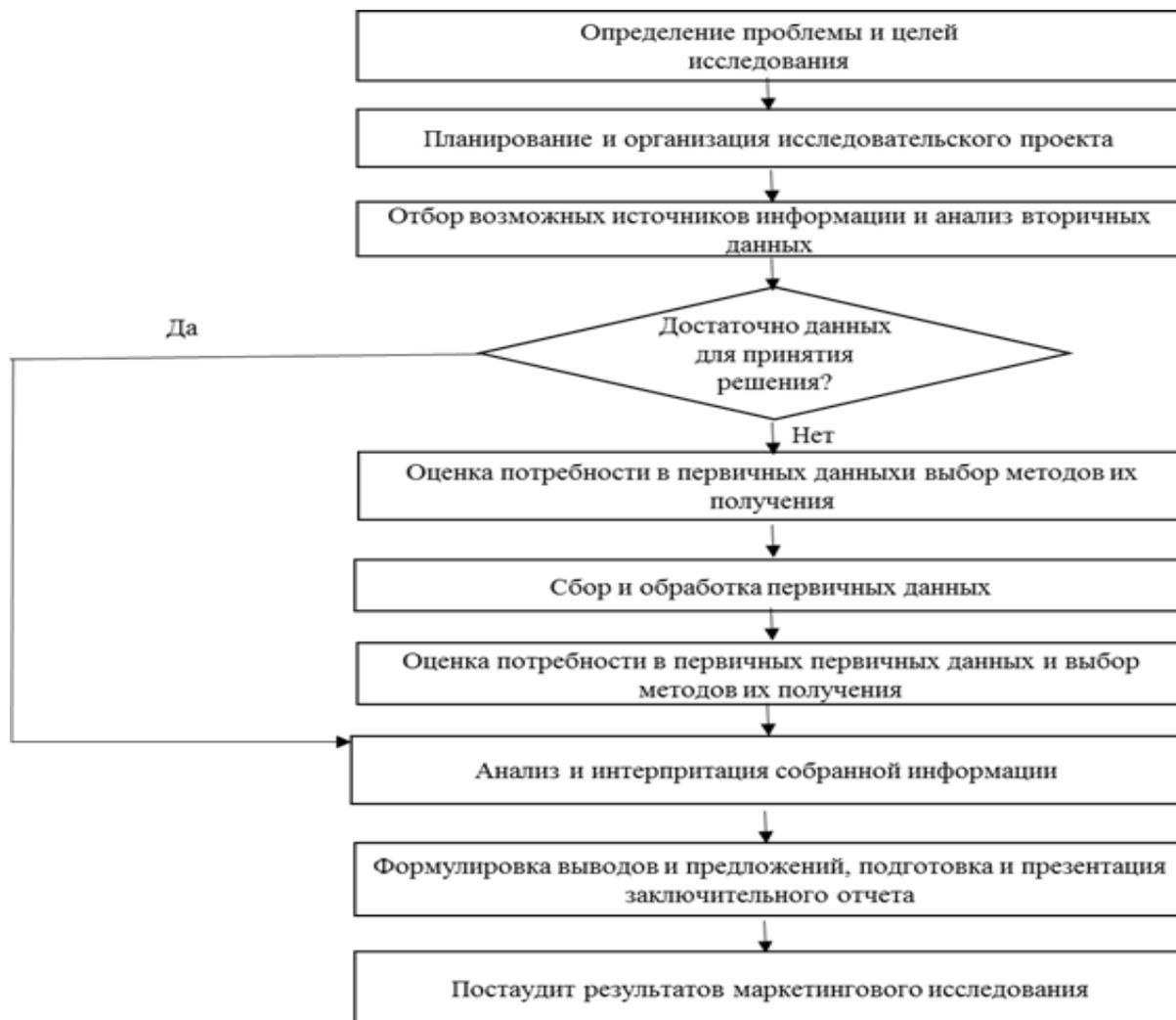


Рисунок 2 – Этапы маркетингового исследования

Не стоит оспаривать роль маркетинговых исследований при разработке нового продукта. В этом аспекте маркетинговое исследование помогает систематизировать информацию о внутреннем потенциале компании, а также внешней среде, что впоследствии влечет рациональное использование уже имеющихся конкурентных преимуществ.

При эффективном использовании предприятием своих конкурентных преимуществ, компания может выгодно отличаться на рынке от своих потенциальных и реальных конкурентов.

В настоящее время в мировой экономической системе происходят глобальные изменения, свидетельствующие о переходе от индустриальной эры к новой, постиндустриальной, в которой главную роль играет информация. Увеличение количества информации и ее значимости в деятельности предприятия приводит к возрастанию важности систематического проведения маркетинговых исследований [6, с. 21].

Значимость проведения маркетингового исследования основывается на трех основных аргументах.

Во-первых, мы должны понимать, почему маркетинговые исследования важны для предприятия.

Во-вторых, должно быть понимание основных причин избегания проведения маркетинговых исследований.

В-третьих, это аргумент, который основывается на том, у кого существует потребность в проведении маркетингового исследования. Итак, важность проведения маркетинговых исследований основывается на следующих направлениях:

- исследования помогают услышать, увидеть, лучше понять покупателя, выстроить диалог с ним;

- исследования дают поток новых идей, которые сигнализируют о правильности действий;

- исследования помогают компании стать уникальной для потребителя.

Исследования помогают при разработке нового продукта: когда понимаешь своего покупателя, проще расставить приоритеты, выявить важность функционала.

Маркетинговые исследования также представляют собой ценность, которая заключается:

- в сборе информации от целевой аудитории, т. е. какие предпочтения есть у потребителей;

- прогнозировании поведения. Данные сведения могут помочь создать те виды продуктов, которые имеют необходимые качества для потребителей. С их помощью можно адаптировать свои услуги или продукты под потребности клиентов;

- определении рыночных тенденций. Маркетинговые исследования помогают следовать последним событиям в занимаемой отрасли;

- оценке своей конкурентоспособности. Маркетинговые исследования помогают компаниям собрать сведения о слабых и сильных сторонах своих конкурентов. С помощью них предприятие может выделиться на рынке.

Заключение

Если на этом этапе клиент готов и рад порекомендовать продукт или услугу другим, это положительный признак того, что продукт или услуга, которой он только воспользовался, соответствует критериям его удовлетворенности.

Не рекомендуется использовать исключительно этот тип NPS, поскольку результаты, основанные на разовых транзакциях, специфичны для определенных случаев. Лучше всего использовать оба типа определения лояльности, чтобы понять своего клиента на макро- и микроуровне.

Хотя большинство опросов Net Promoter Score предназначены для сбора отзывов клиентов, их также можно использовать для измерения настроений сотрудников или того, что обычно называют оценкой Employee Net Promoter Score (eNPS). Employee Net Promoter Score измеряет вероятность того, что сотрудники порекомендуют свою компанию в качестве места работы. Существует прямая связь между эффективностью деятельности компании и вовлеченностью ее сотрудников.

Существует связь между вовлеченностью сотрудников и ее влиянием на рост и прибыль компании. Вовлеченные сотрудники с большей вероятностью

будут чувствовать, что хорошо понимают, как удовлетворить потребности клиентов. В конечном итоге это положительно влияет на чистую прибыль.

Опросы NPS лучше производить регулярно в процентном отношении к общему количеству клиентов. Так как, если это производить раз в квартал, ответы будут отражать только реальный момент времени. Нельзя будет оценить отношение клиента к продукту в общем, учитывая все изменения. Например, при изменении функций продукта, его стоимости, меняется и оценка покупателей. Сейчас, существуют сервисы, автоматической рассылки опросов NPS, что значительно упрощает работу. Овладев аналитикой NPS можно настроить покупателей на публичную рекомендацию продукта или услуги. Также можно значительно сократить отток клиентов, что подразумевает рост покупательской активности на основе положительных отзывов.

Индекс NPS можно использовать как предиктор роста бизнеса. Это означает, что при росте индекса можно констатировать здоровые отношения с покупателями. В таком случае, у компании появляются сторонники, которые подпитывают сарафанное радио и создают позитивный имидж.

NPS – ценный показатель на стратегическом уровне, но самого по себе этого показателя недостаточно, чтобы быть полезным или составить полную картину. Общая система NPS важна, поскольку она позволяет предприятиям:

- задавать уточняющие вопросы в рамках стандартного опроса NPS. Спрашивая клиентов, почему они дали конкретную оценку, организации могут понять, что у них получается хорошо и что можно улучшить

- отслеживать и количественно оценивать результаты с течением времени, создавая внутренние контрольные показатели.

Чем больше данных компания сможет собрать и проанализировать вместе со своим показателем NPS, тем лучше можно будет понять, что влияет на качество обслуживания клиентов, что позволит расставить приоритеты в направлениях по улучшению деятельности предприятия.

Список цитированных источников

1. Александрович, И. Д. Маркетинговая стратегия развития предприятия, пошаговая разработка / И. Д. Александрович // Студенческий. – 2018. – № 13-1(33). – С. 62–64.

2. Двоглазова Я. А. Разработка маркетинговой стратегии организации / Я. А. Двоглазова // Экономика, управление, образование: история, исследования, перспективы : материалы Междунар. науч.-практич. конфер., Киров, 1 июня 2018 г. – Киров : Вятская гос. сельскохозяй. академия, 2018. – С. 32–33.

3. Молчанова А. А. Использование инновационных маркетинговых технологий при разработке стратегии маркетинга в крупных российских бизнес-структурах / А. А. Молчанова // Вестник магистратуры. – 2019. – № 3-2(90). – С. 134–137.

References

1. Aleksandrovich, I. D. Marketingovaya strategiya razvitiya predpriyatiya, poshagovaya razrabotka / I. D. Aleksandrovich // Studencheskij. – 2018. – № 13-1(33). – S. 62-64.

2. Dvoeglazova YA. A. Razrabotka marketingovoj strategii organizacii /YA. A. Dvoeglazova // Ekonomika, upravlenie, obrazovanie: istoriya, issledovaniya, perspektivy: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kirov, 01 iyunya 2018 goda. – Kirov: Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2018. – S. 32-33.

3. Molchanova A. A. Ispol'zovanie innovacionnyh marketingovyh tekhnologij pri razrabotke strategii marketinga v krupnyh rossijskih biznes-strukturah / A. A. Molchanova // Vestnik magistratury. – 2019. – № 3-2(90). – S. 134-137.

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ О АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*А. Н. Лабкович, Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь,*

Реферат

В статье уделяется внимание раскрытию сущности таких понятий как инновации, инновационная деятельность, инновационное развитие и инновационный продукт. В ней также описываются принципы инновационной политики и трудности, возникающие в процессе привнесения инновационных процессов в АПК. В качестве примера выбрана Республика Беларусь.

Ключевые слова: инновации, инновационное развитие, внедрение инноваций, инновационная деятельность в АПК.

PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF MODERN INNOVATIVE PROCESSES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Labkovich Andrei

Abstract

The article focuses on the disclosure of the essence of such concepts as innovation, innovative activity, innovative development and innovative product. It also describes the principles of innovation policy and the difficulties that arise in the process of introducing innovative processes into the agro-industrial complex. The Republic of Belarus is chosen as an example.

Key words: innovations, innovative development, implementation of innovations, innovative activities in the agro-industrial complex

Введение

Для гарантии продовольственной безопасности и повышения уровня жизни белорусов одним из самых насущных вопросов является совершенствование механизмов управления инновационной деятельностью агропромышленного комплекса и наделение его чертами высокой технологичности. При этом в текущий момент прогресс в развитии организаций сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности сдерживает высокая степень изношенности технологической базы, а также невысокий уровень их инвестиционной активности из-за их низкой платежеспособности.

Особая актуальность изучения закономерностей, препятствующих внедрению инноваций и инновационных технологий также обусловлена и тем, что в современных условиях западные государства применяют санкции по отношению к Республике Беларусь. Из-за этого для запаса прочности и устойчивости государственной экономики против принудительных санкций и национальной продуктовой безопасности в 2026–2030 гг. следует акцентировать внимание на модернизации сельскохозяйственных предприятий АПК, на разработке концепции

реализации всеобщего внедрения инноваций и инновационных технологий в сельском хозяйстве. В связи с этим нужно осуществить пересмотр инновационных процессов, оказывающих влияние на эффективность внедрения инноваций и инновационных технологий. Вот почему разработка комплексного прогноза научно-технического прогресса Беларуси на 2026-2030 гг. и до 2045 г. затронет 15 отраслей экономики.

Комплексный прогноз научно-технического прогресса (КП НТП) – это научно аргументированная презентация потенциальных сценариев научно-технологического развития Республики Беларусь в среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом глобального развития науки и технологий. На базе КП НТП определяются системы приоритетов научной, научно-технической и инновационной деятельности в Беларуси, прогрессивных технологий, продуктовых групп и инновационных продуктов.

Цель разработки КП НТП – достижение большей степени эффективности планирования развития государственной экономики.

Объекты прогнозирования – перспективные инновационные технологии, продуктовые группы, товары или услуги.

Задачи КП НТП:

- анализ особенностей развития науки и технологий в мире;
- оценка состояния науки и технологий в Беларуси на сегодняшний день;
- сравнение глобальных тенденций и уровней научно-технологического развития Беларуси в разных отраслях экономики и анализ альтернативных вариантов последующего развития науки и технологий в стране;
- проектирование системы приоритетов научной, научно-технической и инновационной деятельности в нашем государстве.

Обратимся к Закону Республики Беларусь «О государственной инновационной политике инновационной деятельности в Республике Беларусь». Там сказано, что инновация является чем-либо новым или усовершенствованным, введенным «в гражданский оборот» или удовлетворяющим собственные потребности. Инновацией может считаться продукция, технология, услуга, различные организационно-технические решения (например, производственные, административные, коммерческие и др.).

Инновации связаны с такими производными понятиями как «инновационная деятельность», «инновационное развитие», «инновационный процесс», «инновационный проект», «инновационный продукт». Данные понятия входят в систему понятийного аппарата «инновации». Они составляют научно-практическое представление о сущности самой инновации как одного из преобладающих рычагов современной экономики, определяющих развитие каждого промышленного предприятия и в целом развитие инновационной области экономики.

«Инновационным развитием» называется функционирование предприятия, базовой идеей развития которого является использование прогрессивных научно-технических разработок, связанных с переходом на ресурсосберегающие технологии, способствующие реализации концепции жизненного цикла предприятия (увеличению производства продукции, снижению затрат, экономии ресурсов, обеспечению экономической безопасности предприятия в кризисный период и насыщение рынков своей продукцией).

«Инновационная деятельность» – это уровень инновационной активности и уровень потенциала предприятия по реализации инновационного проекта или продукта при одинаковых экономических условиях инновационного развития предприятия по отношению к уровню инновационной активности и уровню возможностей иных предприятий по реализации инновационного проекта или продукта, составляющих одну отрасль производства и производящих одни и те же виды товаров.

Под «инновационным процессом» подразумевают поэтапную реализацию инновации (превращение идеи, задумки в инновационный проект или продукт). В данном случае среди этапов можно разграничить:

- 1) фундаментальные (теоретические) исследования;
- 2) прикладные исследования;
- 3) разработка концепции инновации;
- 4) разработка инновационных технологий для реализации инновации;
- 5) работа над инновационным проектом или продуктом;
- 6) внедрение инновационного проекта или продукта;
- 7) осуществление исследований в области маркетинга и позиционирование инновационного продукта;
- 8) сбыт и реализация такого продукта.

С точки зрения АПК инновации трактуются как практическое применение «результатов исследований и разработок» в хозяйственной деятельности в форме «новых сортов растений, пород и видов животных», гибридов пород и линий птицы, новых или продуктов питания лучшего качества, материалов, новых технологий в сельском хозяйстве и перерабатывающей промышленности, новых удобрений и препаратов для защиты растений и животных, новых методик в области ветеринарии, новых форм организации и управления разными отраслями экономики, пересмотренных взглядов на услуги населению, дающих возможность сделать производство более эффективным.

Рассмотрим следующие типы инноваций в АПК.

Селекционно-генетические факторы:

- новые сорта растений;
- новые породы с/х животных;
- выведение растений и животных, адаптированных к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

Технико-технологические и производственные факторы:

- новая техника;
- новые технологии в сельском хозяйстве;
- ресурсосберегающие производственные технологии;
- новые удобрения и их системы.

Организационно-управленческие и экономические факторы:

- развитие кооперации;
- инновационный маркетинг;
- новые формы организации работы;
- формы и механизмы инновационного развития.

Социально-экологические факторы:

- совершенствование трудовых условий, решение проблем медицины, образования и культуры в сельской местности;
- оздоровление и улучшение качества окружающей среды;

- гарантия благоприятной экологической обстановки для жизни, работы и проведения свободного времени.

Вышеупомянутые типы нововведений являются объектами интеллектуальной собственности и могут существовать как патент, лицензия, товарный знак, ноу-хау, промышленный образец, другие результаты исследовательских и научно-технических работ.

Анализ факторов, препятствующих повышению наукоемкости ВВП, позволил сделать вывод о том, что наиболее ярко выраженными препятствиями на пути инновационной деятельности являются:

- недостаток собственных финансов (45,1 % промышленных организаций Республики Беларусь считают этот фактор главным; 37,2 % — значительным);
- дороговизна инноваций (для 32,6 % опрошенных этот фактор является решающим; для 49,6 % — довольно важным);
- высокая степень экономического риска (21,5 % промышленных предприятий считают принципиально невозможным коммерциализацию инноваций при отсутствии стабильной работы производственно-хозяйственной системы; 48,5 % упоминают наличие значительных угроз и препятствий для получения возможной прибыли);
- длительные периоды окупаемости инноваций (для 32,6 % участников опроса это ключевой фактор; для 49,6 % — значимый);
- недостаточное государственное стимулирование;
- низкий инновационный потенциал предприятий, отсутствие достаточного числа квалифицированных специалистов, низкий платежеспособный спрос на новую продукцию, несовершенство рынка технологий (20 % участников опроса считают этот фактор ключевым; 33 % — значительным).

В ходе Государственной программы инновационного развития (ГПИР) на 2016–2020 гг. была организована реализация 126 проектов по созданию новых производств, играющих ключевую роль в инновационном развитии Беларуси, а также 23 мероприятий, направленных на развитие инновационной инфраструктуры. В результате реализации ГПИР осуществлен ввод объектов в эксплуатацию по 74 проектам (в том числе по 13 проектам – в 2020 г.).



Рисунок 1 – Результаты выполнения Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь в 2016–2020 гг.

Оценка эффективности реализации Государственной программы дается Государственным комитетом по науке и технологиям вместе с заказчиками Государственной программы на стадиях ее реализации каждый год. Это делается с помощью сопоставления фактически достигнутых значений целевых показателей Государственной программы за соответствующий год с их плановыми значениями. С целью расчета вышеупомянутой оценки нужно использовать следующую формулу:

$$E = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \frac{P_{\phi i}}{P_{\text{пл}i}} \times \frac{F_n}{F_{\phi}}$$

в которой E – показатель эффективности реализации Государственной программы;

n – число целевых показателей;

$P_{\phi i}$ – значение i -го целевого показателя, фактически полученное в ходе реализации Государственной программы;

$P_{\text{пл}i}$ – плановое значение i -го целевого показателя Государственной программы;

$F_{\text{пл}}$ – плановое значение бюджетных расходов на научную, научно-техническую и инновационную деятельность в процентах от валового внутреннего продукта (приравнивается к 1 %);

F_{ϕ} – фактическое количество бюджетных затрат на научную, научно-техническую и инновационную деятельность в процентах от валового внутреннего продукта.

Реализация Государственной программы обладает разной степенью эффективности:

эффективной – при минимальном показателе эффективности ее реализации 0,9;

умеренно эффективной – при его значении от 0,8 до 0,9;

малоэффективной – от 0,7 до 0,8;

неэффективной – менее 0,7.

Используемые в АПК инновационные процессы имеют свои отличительные черты. Все типы инноваций нужны для модернизации белорусских сельскохозяйственных предприятий АПК. Они могут внедряться не комплексно, а отдельно (в этом и состоят проблемы модернизации сельскохозяйственных предприятий АПК). Вместе с тем протекание инновационных процессов в сельском хозяйстве неодинаково, и это выражается в их зависимости:

1) от разного уровня производства и масштаба производства продукции растениеводства и животноводства;

2) природы и климата;

3) плодородия почвы, наличия водных коммуникаций, лесов, площади земли – потенциальной площадки реализации инновационного проекта;

4) уровня развития региональной инфраструктуры;

5) социального уровня сотрудников и их квалификационных характеристик;

6) финансового, технологического, производственного потенциала сельскохозяйственных предприятий АПК.

Таким образом, с учетом особенности реализации инновационного процесса и исходя из комплексного прогноза научно-технического прогресса Беларуси на 2026–2030 гг., мы склонны считать, что нельзя реализовать инновационные проекты без опоры на индивидуальный подход ко всеобщей модернизации сельскохозяйственных предприятий АПК.

При этом во время реализации инновационного процесса на всех сельскохозяйственных предприятиях АПК должны учитываться как положительные, так и отрицательные факторы, влияющие на инновационное развитие сельскохозяйственных предприятий АПК. Опыт практической реализации инновационного процесса в каждом сельскохозяйственном предприятии свидетельствует, что на инновационный процесс оказывают влияние следующие отрицательные факторы:

1) невысокая инновационная активность сельскохозяйственных предприятий АПК;

2) отсутствие финансов у сельскохозяйственных предприятий АПК для реализации инновационного проекта или продукта;

3) значительное несоответствие между аграрной наукой и практикой использования научных теорий в сельском хозяйстве;

4) сложная структура сельскохозяйственного производства;

5) присутствие значительного риска внедрения инноваций в АПК не только для сельскохозяйственных предприятий, но и для белорусских и зарубежных инвесторов;

6) отсутствие высококвалифицированных специалистов для реализации инноваций и инновационных технологий.

К положительным факторам, обуславливающим инновационное развитие сельскохозяйственных предприятий АПК, относятся:

1) увеличение количества изобретений и патентов, предназначенных для их реализации сельскохозяйственными предприятиями АПК;

2) разработка государственных программ для реализации сельскохозяйственными предприятиями инноваций и инновационных технологий;

3) свобода выбора инновационного пути развития всех сельскохозяйственных предприятий АПК;

4) наличие постоянного рынка сбыта и потребления произведенной сельскохозяйственной продукции;

5) наличие возможности продвигать свою инновационную продукцию рынка сбыта и потребления произведенной сельскохозяйственной продукции;

6) возможность развивать социальную сферу сельской местности и гарантировать ее жителям наличие возможности трудоустройства.

Вышеупомянутые положительные и отрицательные факторы следует считать закономерностями, ярко выраженными в инновационной деятельности сельскохозяйственных предприятий АПК Республики Беларусь.

Выход работы АПК на путь стабильности тесно связан со структурными и технологическими преобразованиями. Их главное содержание – активизация инновационных процессов в рассматриваемой области экономики. Но вместе с тем подчеркнем, что и науке нужно активизировать свое влияние на агропромышленный комплекс через освоение новых методов продвижения инноваций. Инновационный процесс в АПК должен выглядеть как непрерывное превращение

научных исследований и разработок в новые или усовершенствованные продукты агробизнеса, формы организации труда и управления. Но не следует забывать, что модернизационное направление в сельском хозяйстве относится не только к техническому переоснащению предприятий, но и социальному развитию сельской местности. Эффективность проведения модернизационных преобразований в агропромышленном комплексе обусловлена успешностью управления инновационными проектами. На процесс реализации инновационного проекта воздействует комплекс внутренних и внешних факторов, формирующих сложную систему. Поэтому в процессе управления инновационным проектом имеет смысл руководствоваться системным подходом.

Выполнение данной задачи означает:

- разработку и внедрение инновационных технологий, оборудования в процесс производства и реализации продуктов питания и сырья;
- создание систем типа «наука – образование – разработки – внедрение – конкурентоспособная продукция – прибыль»;
- обеспечение предпосылок для повышения уровня конкурентоспособности разработок белорусских ученых;
- разработку эффективного механизма коммерциализации инноваций в производстве сельскохозяйственной продукции;
- совершенствование механизма внедрения научных разработок в практику хозяйствования субъектов национального рынка продовольствия.

Таким образом, ставится задача – достигнуть следующих показателей инновационного развития к 2025 году:

- обеспечить удельный вес отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции организаций обрабатывающей промышленности на уровне не менее 21 %, при увеличении доли новой или значительно улучшенной для внутреннего или мирового рынка продукции до 54 %;
- увеличить удельный вес инновационно активных организаций обрабатывающей промышленности до 30,5 %;
- увеличить долю инновационно активных организаций, осуществляющих процессные инновации, до 35 %;
- увеличить объем экспорта наукоемкой и высокотехнологичной продукции до 18,3 млрд долларов, что составит 35,6 % в общем экспорте товаров и услуг;
- создать более 100 высокодоходных экспортно-ориентированных производств;
- обеспечить создание более 12 тыс. новых и модернизированных высокопроизводительных рабочих мест.

В целом реализация проектов Государственной программы обеспечит значительный вклад в прирост ВВП и экспорта. Так, доля проектов в приросте в ВВП (по предварительной оценке) составит около 7 %, в прирост экспорта – около 11 %.

Таким образом, разработанная стратегия и реализация Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы позволят создать новые отрасли и точки роста экономики страны, более тесно интегрировать взаимодействие науки, производства и инвесторов и послужат значимым инструментом в решении задачи построения Беларуси интеллектуальной, что предусмотрено решением II съезда белорусских ученых.

Список цитированных источников

1. Ботеновская, Е. С. Направления и механизмы реализации инновационной политики Республики Беларусь / Е. С. Ботеновская // Банкаўскі веснік. – 2014. – № 1. – С.36–43.
2. Мальцева, Д. Проблемы внедрения инноваций на промышленных предприятиях Республики Беларусь и пути их решения. 2015. – URL: <http://elib.bsu.by/> (дата обращения: 01.11.2024).
3. О научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь в 2018 году: стат. сб. 2019. – URL: <https://www.belstat.gov.by/> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Ганидов, Г. С. Основы инноватики и инновационной деятельности / Г. С. Ганидов, В. Г. Колосов, Н. О. Османов. – СПб. : Политехник, 2000. – 15 с.
5. О Государственной программе инновационного развития на 2021–2025 годы : Указ Президента Респ. Беларусь, 15 сент. 2021 г., № 348 // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – 21.09.2021. – № 1.

References

1. Botenovskaya, E.S. Napravleniya i mekhanizmy realizacii innovacionnoj politiki Respubliki Belarus' / E.S. Botenovskaya // Bankaŭski vesnik. – 2014. – № 1. – S.36-43.
2. Mal'ceva, D. Problemy vnedreniya innovacij na promyshlennyh predpriyatiyah Respubliki Belarus' i puti ih resheniya. 2015. URL: <http://elib.bsu.by/>
3. O nauchnoj i innovacionnoj deyatel'nosti v Respublike Belarus' v 2018 godu: stat. sb. 2019. URL: <https://www.belstat.gov.by/>
4. Ganidov, G.S. Osnovy innovatiki i innovacionnoj deyatel'nosti / G.S. Ganidov, V.G. Kolosov, N.O. Osmanov. – SPb.: Politekhnik, 2000. – 15 s.
5. O Gosudarstvennoj programme innovacionnogo razvitiya na 2021–2025 gody: Ukaz Prezidenta Respublika Belarus', 15 sent. 2021 g., № 348 // Nac. Pravovoj Internet-portal Respublika Belarus'. – 21.09.2021. – № 1. – 1/19898.

УДК 330.342

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

О. Ю. Лукашкова, магистр, аспирант, Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, e-mail: o.lukashkova@mail.ru

Реферат

Статья посвящена актуальным вопросам формирования интеллектуальной экономики и роли подготовки кадров в этом процессе. В условиях динамичного развития информационных технологий и глобализации экономических процессов интеллектуальная экономика становится основой современного производства и сферы услуг. В статье рассматриваются основные характеристики и принципы интеллектуальной экономики, а также ее воздействие на рынок труда и требования к квалификации специалистов. Особое внимание уделяется необходимости реформ в системе образования, направленных на развитие инновационных навыков и компетенций, соответствующих запросам современного рынка. Автор показывает важность взаимодействия между образовательными учреждениями и бизнесом для создания адаптивных и эффективных моделей подготовки кадров, способных обеспечить устойчивый рост и конкурентоспособность в условиях быстро меняющейся экономической реальности.

Ключевые слова: интеллектуальная экономика, подготовка кадров, рынок труда.

Введение

Современная экономика претерпевает значительные изменения, переходя к интеллектуальной модели, основанной на знаниях, информации и инновациях. Интеллектуальная экономика предполагает использование высоких технологий, научных исследований и образовательных ресурсов для создания новых продуктов и услуг. В этом контексте подготовка кадров становится одним из ключевых факторов, обеспечивающих конкурентоспособность и развитие организаций.

В условиях стремительного развития информационных технологий и глобализации экономики перед обществом ставятся новые вызовы, требующие адаптации к изменяющимся реалиям. Интеллектуальная экономика, основанная на знаниях, инновациях и высоких технологиях, становится ключевым фактором конкурентоспособности стран и регионов. В этом контексте подготовка кадров, обладающих необходимыми компетенциями и навыками, играет решающую роль в обеспечении устойчивого экономического роста и социального прогресса.

Современные работодатели высоко ценят не только профессиональные знания, но и способность работников к инновационному мышлению, адаптивности и эффективному взаимодействию в командах. Поэтому образовательные учреждения должны переосмыслить свои подходы к обучению, внедряя практико-ориентированные программы и акцентируя внимание на междисциплинарных знаниях.

В данной статье мы рассмотрим основные аспекты интеллектуальной экономики, ее влияние на рынок труда и необходимость реформ в системе образования, направленных на подготовку квалифицированных кадров, способных успешно работать в условиях динамично меняющейся экономической среды.

Роль образования в формировании кадров для интеллектуальной экономики

Интеллектуальная экономика – это система, в которой основной движущей силой являются знания и информация. Она основывается на использовании интеллектуального капитала для создания добавленной стоимости.

Интеллектуальная экономика представляет собой новую экономическую парадигму, где ключевым ресурсом являются знания и информация. Она формируется на основе высоких технологий, инноваций и научной деятельности, что позволяет компаниям и государствам повышать свою конкурентоспособность и обеспечивать устойчивый экономический рост.

Основные характеристики интеллектуальной экономики.

– Высокая степень автоматизации и цифровизации процессов. Постоянное развитие новых технологий, продуктов и услуг, основанных на научных исследованиях и разработках.

– Увеличение веса информации и знаний в процессе производства. Расширение рынков и интеграция в международную экономику, что создает конкурентные преимущества для стран, активно занимающихся инновациями.

– Акцент на инновации и научные исследования. Способность компаний быстро адаптироваться к изменениям в потребительском спросе и технологической среде.

– Процесс обучения на протяжении всей жизни как основа профессионального роста. Важность высококвалифицированных кадров, способных работать с новыми технологиями и генерировать инновации

Интеллектуальная экономика опирается на несколько ключевых принципов.

1. Создание знаний. Научные исследования и разработки играют центральную роль в создании новых знаний, которые могут быть вашим конкурентным преимуществом.

2. Информационные технологии. Широкое применение IT-технологий для управления данными, автоматизации процессов и оптимизации бизнес-моделей.

3. Сотрудничество. Взаимодействие между бизнесом, научными учреждениями и государственными органами для разработки инновационных решений и повышения эффективности.

С переходом к интеллектуальной экономике возникает новый спрос на кадры, обладающие как техническими, так и мягкими навыками. Автоматизация и цифровизация процессов требуют от работников не только глубоких профессиональных знаний, но и умений адаптироваться, креативно мыслить и эффективно работать в команде. Это, в свою очередь, ставит перед образовательными учреждениями задачу пересмотра учебных программ и подходов к подготовке специалистов.

Ключевым аспектом успешного перехода к интеллектуальной экономике является подготовка кадров. Важно, чтобы образовательные учреждения внедряли практико-ориентированные подходы в обучение, сотрудничали с индустрией для разработки актуальных учебных программ, способствовали развитию мягких навыков, таких как критическое мышление и решение проблем.

Подготовка кадров в условиях интеллектуальной экономики имеет ряд особенностей. Так, например, технологический прогресс и изменения на рынке труда требуют постоянного повышения квалификации работников, что требует непрерывного обучения. Образовательные программы должны быть гибкими и адаптированными к быстро меняющимся требованиям.

Работники должны обладать навыками, которые пересекают несколько областей знаний, что позволяет им эффективно работать в междисциплинарных командах – кросс-функциональные навыки.

Развитие инновационного мышления, способности решать нестандартные задачи и адаптироваться к новому окружению становится важным элементом подготовки и требует развивать творческое и критическое мышление, а применение современных образовательных технологий, таких как онлайн-курсы, вебинары и симуляции, делает процесс обучения более доступным и эффективным

Несмотря на значимость подготовки кадров, перед организациями возникает ряд проблем. Образовательные учреждения часто не успевают адаптироваться к требованиям современного бизнеса, что приводит к дефициту квалифицированных специалистов так называемый разрыв между образованием и потребностями рынка. Некоторые организации могут не иметь достаточных ресурсов для инвестирования в обучение и развитие своих сотрудников. Не все работники заинтересованы в продолжении образования и повышении своей квалификации, что может снижать общую эффективность работы.

С учетом изменений в экономике и на рынке труда, необходимо пересмотреть подходы к подготовке кадров. Создание совместных программ подготовки, стажировок и практик поможет студентам и работникам быстрее адаптироваться к требованиям рынка т. е. партнерство между бизнесом и образовательными учреждениями. Использование новых технологий в обучении, таких как искусственный интеллект и большие данные, может существенно повысить эффективность образовательного процесса. Инвестиции в технологии, разработка персонализированных образовательных программ, отвечающих потребностям отдельных сотрудников или направлений бизнеса так называемый фокус на индивидуальном подходе также приведет к росту адаптации сотрудников.

Заключение

Интеллектуальная экономика представляет собой мощный драйвер экономического развития, открывающий новые возможности для бизнеса и общества в целом. Чтобы воспользоваться этими возможностями, необходимо не только внедрять инновационные технологии, но и инвестировать в людей, их знания и навыки. Таким образом, подготовка квалифицированных кадров становится неотъемлемой частью стратегии развития современной экономики, способствуя созданию умных и устойчивых обществ.

Интеллектуальная экономика требует нового взгляда на подготовку кадров. Компании, готовые инвестировать в обучение и развитие своих сотрудников, смогут не только повысить свою конкурентоспособность, но и внести весомый вклад в развитие общества в целом. В условиях быстрого изменения технологий успешность бизнеса во многом будет зависеть от способности его кадров адаптироваться, обучаться и развиваться, что делает подготовку высококвалифицированных специалистов приоритетной задачей на будущее.

УДК 338.24

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Н. Г. Машенцева, к. э. н., доцент кафедры экономической безопасности
и качества, Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов, Россия, ovbtgtu@mail.ru*

Реферат

В статье представлена оценка уровня экономической безопасности в социальной сфере региона. Определены также ключевые преимущества и потенциальные угрозы экономической безопасности Тамбовской области, обозначены пути совершенствования методов и механизмов обеспечения экономической безопасности.

Ключевые слова: экономическая безопасность, регион, социальная сфера.

Введение

Тамбовская область является одним из ведущих регионов в агропромышленном секторе, производящим свыше 30 % валового регионального продукта (ВРП). Большая часть земельного фонда региона (78,9 %) состоит из сельскохозяйственных земель, 87 % из которых – плодородные черноземы. Регион занимает лидирующие позиции в Центральном Федеральном округе по выращиванию зерновых, сахарной свеклы и подсолнечника, а также входит в первую тройку российских регионов по производству свинины и в ТОП-20 по производству мяса птицы. В области активно развивается садоводческий кластер [4].

Мичуринск, расположенный в Тамбовской области, является единственным наукоградом агропродовольственной направленности в России. Для разработки и поддержки новейших ключевых технологий в агропромышленном комплексе, а также для коммерциализации и передачи научных достижений был создан Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина.

Промышленный сектор Тамбовской области играет ключевую роль в экономике региона, привлекая более 17 % экономически активного населения и вкладывая 11 % в общие производственные активы. Этот сектор генерирует более одной трети всех налоговых и неналоговых доходов, поступающих в бюджеты на всех уровнях, и составляет 16,1 % валового регионального продукта (ВРП). Основные направления промышленности включают химическое производство, машиностроение, производство электротехнического, электронного и оптического оборудования, а также производство продуктов питания, напитков и неметаллических минеральных изделий. Оборонно-промышленный комплекс региона находится в стадии активной модернизации.

Эффективная инвестиционная политика является определяющим фактором развития Тамбовской области. Сформированная система эффективной государственной поддержки инвесторов обуславливает реализацию крупных инвестиционных проектов. Область входит в ТОП-20 Национального рейтинга состояния инвестиционного климата в субъектах Российской Федерации [4].

Тамбовский регион располагает впечатляющими возможностями для проведения научных исследований и внедрения инноваций благодаря наличию обширного научного потенциала, а также необходимых условий и ресурсов. Исследовательская работа ведется в четырех государственных вузах, Федеральном научном центре, пяти научных институтах, восьми исследовательских институтах, трех проектных институтах, трех инновационных центрах, а также на 17 промышленных предприятиях и в 27 малых инновационных компаниях региона.

По данным таблицы 1 мы видим, что в период 2019–2023 гг. произошло снижение населения Тамбовской области. Убыль населения составила 44 000 человек. При этом, значение индекса физического объема ВРП увеличилось на 2,6 %. Что касается данного показателя при расчете на душу населения, то он равен 487 060 руб., что на 41,6 % больше, чем в 2019 году.

Увеличение также коснулось индекса промышленного производства. За данный период прирост составил 6,3 %. Уменьшился темп добычи полезных ископаемых: в 2019 году он составлял 125,2 %, а в 2023 году – 104,5 %, что на 20,7 % меньше. Развитие обрабатывающей промышленности также было нестабильно: в 2019 году значение составило 110,7 %, а в 2023 году – 109,1 %.

Самый большой уровень индекса объема продукции сельского хозяйства был зафиксирован в 2020 году и составил 109,4 %, а самый минимальный был зафиксирован в 2021 году и составил – 96,0 %.

Таблица 1 – Динамика социально-экономических показателей Тамбовской области 2019–2023 гг.

Показатель	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Абсолютное отклонение	Темп роста, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Численность населения (среднегодовая), тыс. чел.	1006,1	994,4	981,0	966,3	961,3	–44,8	95,5
Индекс физического объема валового регионального продукта (в сопоставимых ценах), %	97,7	100,2	100,3	98,1	100,3	2,6	102,6
ВРП на душу населения (в фактически действовавших ценах), тыс. рублей	343,8	350,0	376,4	449,2	487,06	143,1	141,6
Индекс промышленного производства, % в том числе по основным видам деятельности:	102,0	104,4	102,5	103,9	108,4	6,4	106,3
Добыча полезных ископаемых, %	125,2	130,5	77,7	107,2	104,5	–20,7	83,5
Обрабатывающие производства, %	110,7	95,8	107,8	93,1	109,1	–1,6	98,5
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды, %	92,1	95,4	85,9	105,7	102,0	9,9	110,7
Индекс физического объема продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах), %	106,5	109,4	96,0	102,5	104,3	–2,2	97,9
Производство зерна, тыс. тонн	3412,5	4920,6	3553,7	4528,3	5137,6	1725,1	150,5
Производство сахарной свеклы, тыс. тонн	5105,5	3214,7	4059,8	4548,9	5947,4	841,9	116,5
Производство скота и птица на убой, тыс. тонн.	564,1	624,3	627,1	630,0	627,9	63,8	111,3
Производство молока, тыс. тонн	192,3	192,5	188,6	190,3	191,8	-0,5	99,7
Ввод в эксплуатацию жилых домов, тыс. кв. м.	138,9	144,2	147,7	166,0	480,6	341,7	346,0
Инвестиции в основной капитал – всего, млн. рублей	106230,3	90718,9	74770,1	79396,7	84982,8	–21247,5	79,9
Среднемесячные денежные доходы на душу населения, руб.	26827,7	28154,4	27891,8	30240,7	34050,6	7222,9	126,9
Общая численность безработных, тыс. человек	19,6	22,8	19,8	16,5	14,1	–5,5	71,9

Производство зерна имеет положительную динамику, его показатель в 2023 году равен 5137,6 тыс. тонн, что на 50 % больше, чем в 2019 году.

За данный период значения инвестиций в регионе показывают себя нестабильно. Самое большое значение было зафиксировано в 2019 году и составило 106 220,3 млн рублей, а самое минимальное в 2021 году – 74 770,1 млн рублей.

Также следует отметить стабильное уменьшение числа безработных в регионе. За период 2019–2023 гг. их число сократилось на 28,1 %, что делает

Тамбовскую область одним из лидеров среди регионов с низким уровнем безработицы.

Далее для нашего исследования рассмотрим социальную безопасность в регионе с помощью ряда показателей. Все они отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели социальной безопасности Тамбовской области за 2019–2023 гг.

Индикаторы определения угроз социальной безопасности	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Демографическая ситуация					
Количество родившихся, чел.	7744	7419	7221	6586	6315
Количество умерших, чел.	15187	17854	20648	16300	14789
Естественный прирост (+), убыль (-), чел.	-7443	-10435	-13427	-9714	-8474
Коэффициент естественного прироста населения (на 1000 чел.)	-7,3	-10,4	-13,6	-10,0	-8,5
Уровень жизни					
Среднедушевые денежные доходы населения в месяц, руб.	26827,7	28154,4	27,891,8	30240,7	34050,6
Удельный вес численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (процентов общей численности населения), %	10,7	10,8	10,5	10,3	8,5

Рассмотрим наиболее значимые из них:

- естественный прирост населения, который обеспечивается путем увеличения рождаемости и снижения смертности, на протяжении всего рассматриваемого периода имеет отрицательное значение;

- среднедушевой доход населения вырос на 26,9 % за данный период;

- наблюдается снижение безработицы и населения с доходами ниже прожиточного минимума: 8,5 % от общей численности области, что на 2,2 % меньше, чем в 2019 году.

Однако нельзя говорить о безоговорочно высоких результатах в обеспечении экономической безопасности в социальной сфере Тамбовской области. Так значительная доля территорий региона задействована в сфере сельского хозяйства, что не дает возможности для быстрого развития и повышения уровня жизни населения.

Поэтому на основании проведенного анализа можно сделать вывод о наличии в регионе ряда проблем, которые должны быть решены для достижения им высоких показателей экономического и социального развития. Среди них следующие мероприятия:

- усиление роли региона в аграрном секторе России;

- привлечение инвестиций для создания новых производственных мощностей;

- развитие туристической инфраструктуры и продвижение культурного наследия региона.

Стремительное развитие Тамбовской области привело к повышению ее инвестиционной привлекательности. На сегодняшний день данный регион является одним из лидеров по промышленному производству. Следовательно, можно говорить о высокой перспективности развития региона через реализацию правительственных программ, а также мероприятий регионального уровня, направленных на усиление социальной безопасности области.

Для анализа экономической эффективности региона применяются различные методики. Основопологающим подходом является установление критических показателей по индикаторам экономического роста. Эти критерии служат мерилем для оценки адаптивности экономики к новым условиям и ее способности противостоять внешним угрозам. Экономическая безопасность предполагается достигнутой, когда все параметры соответствуют определенным нормам. Однако следует учитывать, что пороговые значения не являются неизменными и могут меняться в соответствии с уровнем развития экономики региона [2].

Экономическая безопасность региона означает комплекс мероприятий, проводимых региональными административными структурами и властными органами, направленных на повышение конкурентоспособности региона по основным экономическим параметрам и гарантирование социально-экономической устойчивости.

В этой стратегии принято выделять несколько важных аспектов, к которым относятся:

1) интересы субъекта Российской Федерации:

– существующие внешние обстоятельства, которые могут помешать его прогрессу;

– анализ факторов внешней среды на основе заранее установленных критериев, включая инвестиционный:

– группа финансовых показателей, которые позволяют определить степень эффективности структурных изменений в экономике;

– социально-демографические, предполагающие оценку уровня жизни населения;

– степень продовольственного обеспечения;

2) экономические:

– определение критических значений для каждого из критериев;

– анализ текущих результатов в сравнении с установленными для региона показателями;

– создание стратегий государственного управления экономикой на основе проведенного исследования, целью которых является нейтрализация потенциальных угроз и отрицательного влияния внешних экономических факторов;

– выполнение конкретных шагов по внедрению разработанного плана действий, направленных на укрепление экономической безопасности региона.

Следует подчеркнуть, что стратегии, направленные на гарантирование экономической и социальной стабильности, должны соответствовать национальным принципам управления системами [5]. Кроме того, для того чтобы оценить уровень прогресса региона, не достаточно просто вычислить показатели. Индикаторы могут указывать на общие тенденции развития и совершенствования, однако они не отражают скорость этих изменений. В связи с этим были опреде-

лены пороговые значения, которые используются для анализа баланса в экономике, соотношения между ее различными секторами и для предотвращения негативных эффектов, возникающих в результате ошибочных решений региональных властей в политической и экономической сферах [1]. Наглядно действие данной методики оценки социально-экономической безопасности региона представлено в таблице 3.

Как видно из таблицы, индекс ВРП Тамбовской области стабильно увеличивался в период с 2019 по 2023 гг.

Также выросла доля обрабатывающей промышленности в общем объеме производственной сферы экономики. Ее прирост составил 18 % по отношению к 2019 году.

Таблица 3 – Количественные показатели оценки уровня экономической безопасности Тамбовской области за 2019–2023 гг.

Показатель	Пороговое значение	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Абсолют. отклон., +/-	Темп роста, %
ВРП на душу населения	100 % от среднеросс. уровня	78,88	82,18	83,1	85,4	85,9	7,02	108,9
Доля в промышленном производстве обрабатывающих	Не менее 70 %	67,3	71,6	76,9	77,4	80	12,7	118,87
Степень износа основных фондов	Не более 60 %	48,6	43,7	44,6	46,0	44,4	-4,2	91,4
Доля инвестиций в ВРП	Не менее 25 %	18,76	26,08	16,11	14,54	31,18	12,42	166,2
Доля расходов на НИОКР в ВРП	Не менее 2 %	0,3	0,26	0,27	0,29	0,24	-0,06	80
Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума	Не более 7 %	10,7	10,8	10,5	10,3	9,8	-0,9	91,6
Условный коэфф. депопуляции	Не более 1	1,9	2,4	2,8	2,4	2,3	0,4	121,1
Уровень безработицы	Не более 8 %	4,6	6,1	4,5	3,7	2,8	-1,8	60,9
Отношение среднедушевых денежных доходов населения к прожиточному минимуму, раз	Более 3,5	2,8	3,3	2,3	2,8	2,9	0,1	103,6
Удельный вес лиц старше 65 лет в общей численности населения, %	Менее 7 %	20,9	20,0	20,3	19,0	19,5	-1,4	93,3
Уровень преступности (количество преступлений на 100 тыс. населения)	Не более 5 тыс.	1811	1585	1452	1260	1247	-564	68,9

Одним из важных показателем экономической безопасности является также уровень износа основных фондов. Его также рассмотрим в исследовании. Значение данного показателя говорит об уровне развития производства в регионе.

Применительно к Тамбовской области, была установлена тенденция к снижению данного показателя. Темп роста инвестиционной активности составил 66 % в сравнении с 2019 годом.

Рассмотрим объем средств, которые были направлены на развитие НИОКР. Их доля в ВРП региона невысокая. Самый большой показатель за данный период был зафиксирован в 2019 году и составил 0,3 %.

С учетом того, что пороговое значение – это 2 %, можно сказать, что обозначенных объемов явно недостаточно для достижения устойчивого инновационного развития области.

Также стоит отметить, что темпы уменьшения процента населения, чей доход ниже уровня прожиточного минимума, остаются недостаточно высокими. Несмотря на то, что общая тенденция этого показателя является положительной, его абсолютные значения все еще слишком малы для обеспечения высокого уровня экономической безопасности в регионе. Это говорит о том, что структура населения по уровню доходов в Тамбовской области неоднородна [3].

Процент безработицы за период с 2019 по 2023 гг. уменьшается с каждым годом, что делает Тамбовскую область одним из лидеров по наименьшему зафиксированному проценту безработицы среди регионов России.

Улучшились не все демографические показатели в период с 2019 по 2023 гг. увеличился уровень смертности в соотношении с рождаемостью. Так депопуляция в 2019–2023 гг. составляла более 1 %, что превышает пороговое значение. Максимальный процент данного показателя был зафиксирован в 2021 году и составил 2,8 %.

Удельный вес граждан старше 65 лет среди всего населения региона за анализируемый период превышает пороговое значение почти в 2,5 раза. Современный уровень данного показателя недостаточен для стабилизации развития региона.

Положительную динамику можно проследить у показателя уровня преступности в регионе, который не превышает пороговых значений.

Данный анализ выявил общий прогресс в социально-экономическом развитии области. Тем не менее, проблемы, такие как неравномерное распределение доходов среди населения, повышение среднего возраста жителей и относительно низкий уровень инновационной активности предприятий, могут представлять угрозу дальнейшему развитию.

Список цитированных источников

1. Амирова, Д. Р. Оценка уровня жизни населения России на основе статистического анализа / Д. Р. Амирова, Д. Э. Печурин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 11. – С. 111–115.

2. Бондарская, Т. А. Реализации региональной социально-экономической политики в условиях современных угроз и вызовов / Т. А. Бондарская // Вопросы современной науки и практики. – Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2021. – № 4 (82). – С. 80–88.

3. Гутман, Г. В. Экономическая безопасность региона: теория и практика. / Г. В. Гутман, Ю. Н. Лапыгин, А. И. Прилепский. – М. : Наука, 2019.

4. Замараева, З. П. Социальная защита и социальное обеспечение населения / З. П. Замараева. – М. : Дашков и К', 2019.

5. Минько, Л. В. Формирование инновационных кластеров в обеспечении экономической безопасности регионов России / Л. В. Минько, Н. Г. Машенцева., О. В. Бондарская// Конкурентоспособность в глобальном мире. – 2022. – № 10. – Ч. 2. – С.114–118.

6. Стратегия социально-экономического развития Тамбовской области до 2035 года. – URL: <https://www.tambov.gov.ru/strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-tambovskoj-oblasti-do-2035-goda.html> (дата обращения: 24.09.2024).

References

1. Amirova D.R. Ocenka urovnya zhizni naseleniya Rossii na osnove statisticheskogo analiza / D.R. Amirova, D.E. Pechurina // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. – 2017. – 11. – S. 111-115.

2. Bondarskaya T.A. Realizacii regional'noj social'no-ekonomicheskoy politiki v usloviyah sovremennyh ugroz i vyzovov / T. A. Bondarskaya // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2021. – № 4(82). – S. 80-88.

3. Gutman G.V. Ekonomicheskaya bezopasnost' regiona: teoriya i praktika. / G. V. Gutman, YU.N. Lapygin, A.I. Prilepskij. – M.: Nauka, 2019.

4. Zamaraeva Z.P. Social'naya zashchita i social'noe obespechenie naseleniya / Z.P. Zamaraeva. – M.: Dashkov i K', 2019.

5. Min'ko L.V. Formirovanie innovacionnyh klasterov v obespechenii ekonomicheskoy bezopasnosti regionov Rossii / L.V. Min'ko, N.G. Mashenceva., O.V. Bondarskaya// Konkurentosposobnost' v global'nom mire. – 2022. - № 10. – CHast' 2. S.114-118.

6. Strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya Tambovskoj oblasti do 2035 goda – <https://www.tambov.gov.ru/strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-tambovskoj-oblasti-do-2035-goda.html>

УДК 001

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

*Л. В. Минько, доцент кафедры экономической безопасности и качества,
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,
nataliwelt@inbox.ru*

Реферат

В настоящее время в условиях геополитической напряженности и санкционного противостояния России, для повышения эффективности мер по развитию национальной инновационной системы и обеспечения технологической независимости крайне острыми являются вопросы исследования проблем развития инновационной сферы и научно-технического потенциала отечественной экономики. Инновационная активность экономики играет важнейшую роль в устойчивом развитии экономики России, является важнейшим фактором обеспечения технологического суверенитета и ее экономической безопасности, способствует формированию конкурентоспособности и лидирующих позиций страны в мировом пространстве. Статья посвящена выявлению особенностей проблем инновационного развития, их анализу и формулированию направлений решения.

Ключевые слова: инновационное развитие, технологический суверенитет, геополитическая напряженность, санкции, научно-технический потенциал.

Введение

В условиях ужесточения международных санкций необходимость принятия мер по развитию национальной инновационной системы является крайне важным условием для обеспечения роста экономики на долгосрочной основе. В решении вопросов развития национальной экономики инновационное развитие призвано обеспечить выход из затянувшегося экономического кризиса, укрепить технологический суверенитет и экономическую безопасность России.

В мае 2023 г. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1315-р была утверждена Концепция технологического развития на период до 2030 года, где были определены вызовы, принципы и цели технологического развития отечественной экономики, направления снижения зависимости от зарубежных технологий и постепенного перехода на производство отечественной продукции [3].

Однако сегодня в развитии инновационной сферы существует множество проблем, обусловленных низким уровнем инновационного развития России; сложностями освоения параллельного импорта, вызванного санкционным давлением; проблемами финансирования инновационных проектов в условиях дороговизны кредитных ресурсов; трудностями коммерциализации технологий от науки в бизнес; формирования инновационной институциональной среды.

В 2024 г. Россия опустилась на восемь позиций в рейтинге «Глобальный инновационный индекс» Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) и заняла 59-е место среди 133 стран, в то время как еще в 2020 г. страна была на 47 месте (рисунок 1).

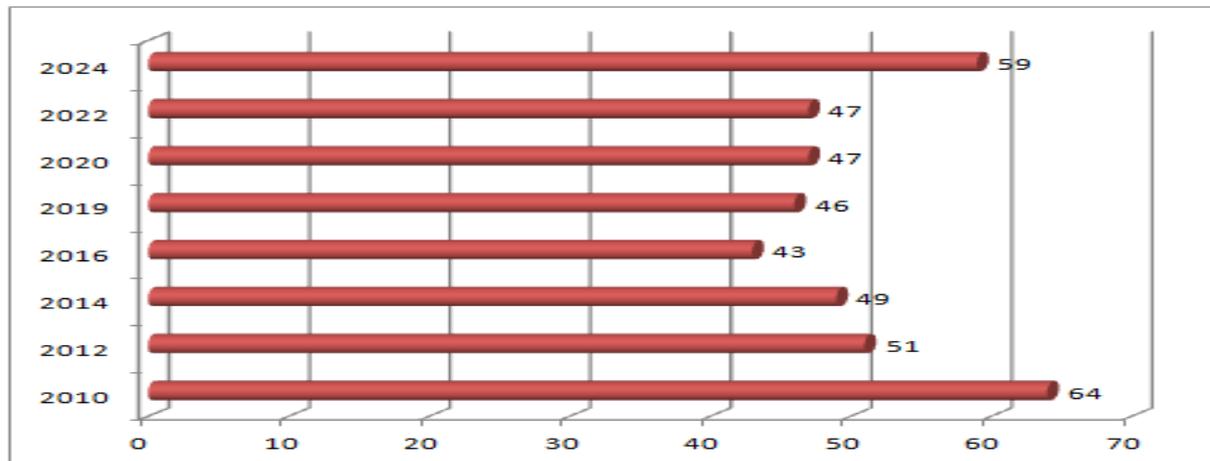


Рисунок 1 – Позиции России в рейтинге «Глобальный инновационный индекс» ВОИС [1]

Лидирующие позиции в Глобальном инновационном индексе 2024 г. занимают Швейцария, Швеция, США, Сингапур и Соединенное Королевство. За последние 10 лет существенно выросли показатели Китая, Турции, Индии, Вьетнама и Филиппин [1].

Уровень инновационной активности промышленности в Российской Федерации остается крайне низким (пороговое значение – не менее 30 %), что не позволяет обеспечить реальное импортозамещение по технически сложным товарам и технологиям [2] (рисунок 2).

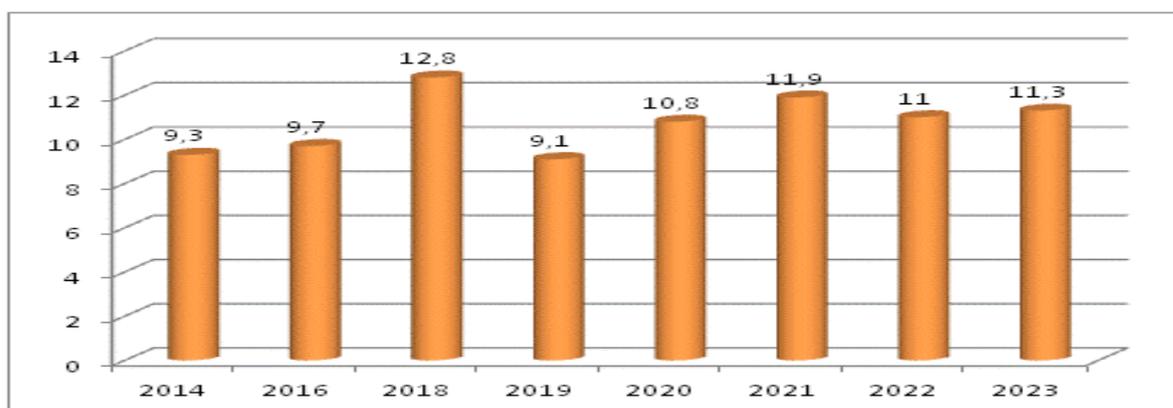


Рисунок 2– Уровень инновационной активности промышленных предприятий РФ, %

Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем их объеме не превышает 9,5 %, при критическом значении данного показателя не менее 15 %, что говорит о низком уровне технико-технологического потенциала инновационной сферы производства в России (рисунок 3).

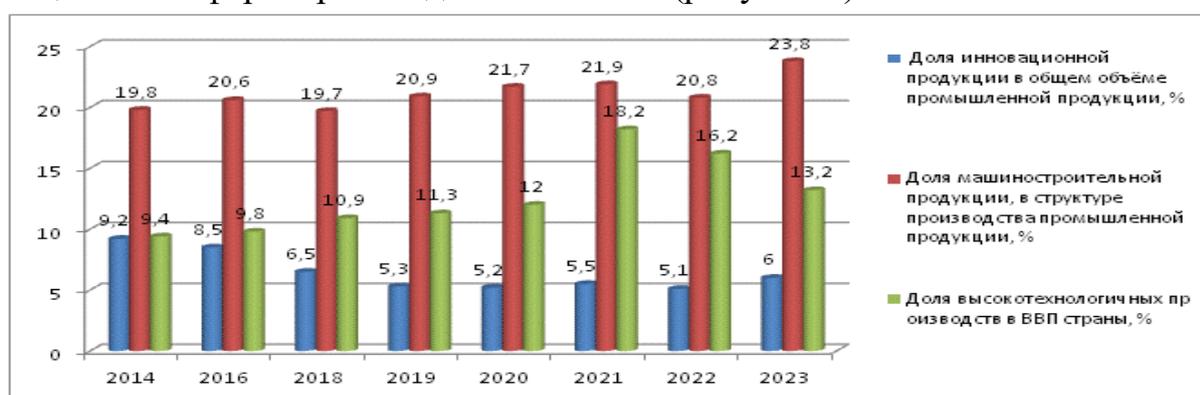


Рисунок 3 -Динамика индикаторов инновационного развития в промышленности РФ, %

Можно констатировать сильную зависимость многих отраслей народного хозяйства от импорта зарубежных высокотехнологичных товаров, технологий и оборудования. Особенно необходимо отметить жизненно важные отрасли, от которых во многом зависит обеспечение технологической безопасности отечественной экономики. Так, сегодня в станкостроении доля импортного оборудования и комплектующих находится на уровне 90 %, в тяжелом машиностроении и производстве медицинской техники – порядка 80 % [2]; в отрасли информационных технологий – более, чем на 90 %, в легкой промышленности – на 52 %, в автомобилестроении и автотранспортном производстве – на 48 % [6] (рисунок 4).

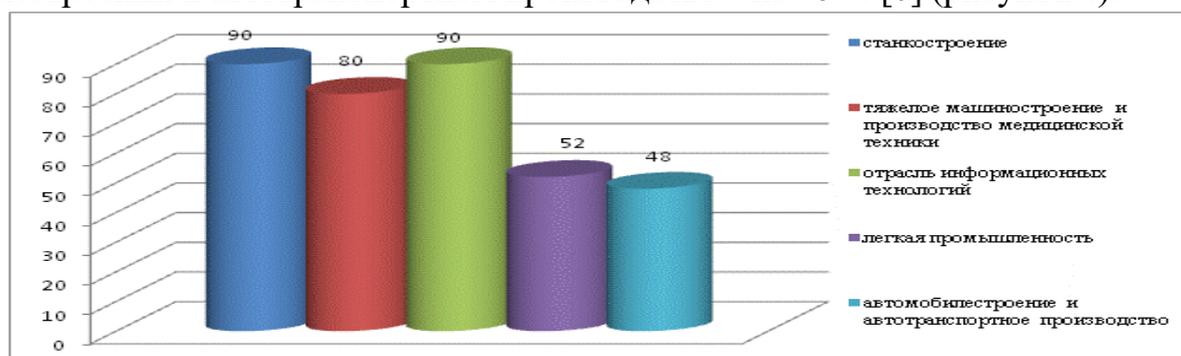


Рисунок 4 – Доля импортного оборудования и комплектующих в приоритетных отраслях экономики России, % [7]

Развитие инновационной деятельности также ограничено проблемами финансирования инновационной сферы и дороговизны кредитных ресурсов, особенно в условиях повышения ключевой ставки Центробанка (рисунки 5, 6). Расходы на научные исследования и ассигнования на гражданскую науку из средств федерального бюджета в % к ВВП уже долгое время не превышают пороговые значения (2 % и 0,7 % соответственно) [6]. В то время, как в Китае расходы на научные исследования и разработки находится на уровне 3 % от ВВП, в Израиле – 4 %, в США – 3 %.

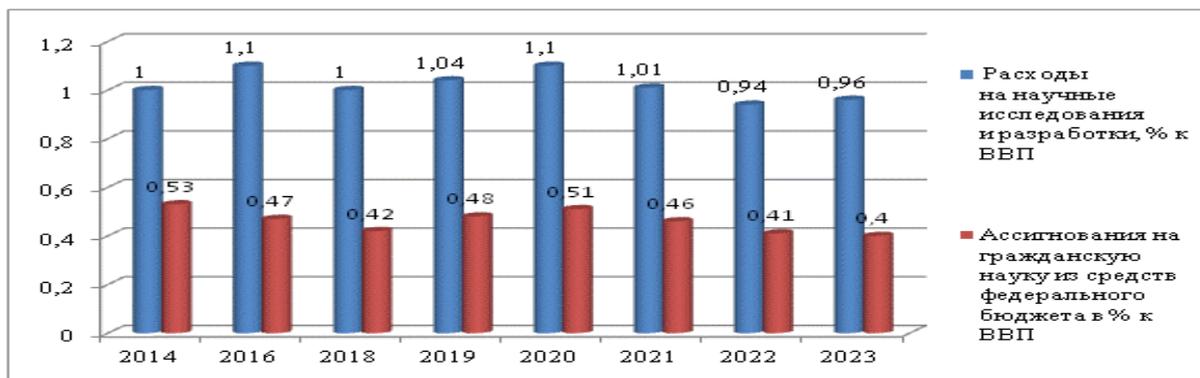


Рисунок 5 – Расходы на научные исследования и разработки, в % от ВВП

В условиях выхода из-под контроля инфляции и курса рубля Центральный банк Российской Федерации проводит жесткую денежно-кредитную политику, и особенностью 2024–2025 гг. будет являться достаточно продолжительный цикл повышения ставки. Последнее повышение ставки в октябре 2024 г. достигло 21 % (рисунок 6.)



Рисунок 6 – Динамика ключевой ставки ЦБ и инфляции, % [6]

Ситуация будет зависеть от продолжения роста цен и инфляционных ожиданий субъектов экономики. Однако рост ключевой ставки повышает стоимость кредитных ресурсов, денег в экономике становится меньше и банковские кредиты становятся все менее доступными. Эти процессы негативно сказываются на росте инновационной активности бизнеса, экономика может впасть в стагнацию, а предприятия будут вынуждены отказываться от инвестиций в инновационные проекты.

Таким образом, среди проблем инновационного развития России можно выделить неразвитость институтов и проблемы формирования инновационной

институциональной среды, обусловленных низким уровнем инновационного развития России; сложности в освоении параллельного импорта, вызванного санкционным давлением; проблемы финансирования инновационных проектов в условиях дороговизны кредитных ресурсов.

Для решения данных проблем можно рекомендовать совершенствование поддержки финансирования фундаментальных и прикладных исследований, развитие механизма дополнительных льгот для развития приоритетных отраслей; развитие и совершенствование региональной инновационной инфраструктуры и научно-технического потенциала; обеспечение кадрами высокотехнологичных отраслей; повышение уровня качества образования и подготовки инженерных кадров; развитие системы трансфера технологий от науки в бизнес.

Можно отметить, что в последние годы наблюдаются тенденции активизации инновационной деятельности в экономике, Россия постепенно наращивает свой технологический суверенитет, что способствует росту конкурентоспособности отечественной продукции и доли высокотехнологичных товаров в структуре экспорта.

Решение выявленных в исследовании проблем будут способствовать реализации провозглашенного курса на технологический суверенитет, отраженного в Концепции технологического развития на период до 2030 года, обеспечению технологического лидерства России на мировом рынке и нивелированию угроз и вызовов экономической безопасности нашей страны.

Список цитированных источников

1. Глобальный инновационный индекс 2024 г. // ICT Moscow. – URL: <https://ict.moscow/research/globalnyi-innovatsionnyi-indeks-2024-goda/> (дата обращения: 03.05.2024).
2. Бондарская, О. В. Оценка динамики развития и финансовой устойчивости организации // Финансовая экономика, 2020. – № 10. – С. 334–337. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44216678> (дата обращения: 03.05.2024).
3. Евлампиев, Ю. Р. Особенности преодолений угроз в деятельности региональных предприятий / Ю. Р. Евлампиев, Т. А. Бондарская : Стратегии противодействия угрозам экономической безопасности России : материалы IV Всеросс. форума по экономич. безопасности / под общ. ред. Т. А. Бондарской – Тамбов : Изд. центр ТГТУ, 2022. – С. 19–26.
4. Голова, И. М. Научно-технический потенциал регионов как основа технологической независимости РФ / И. М. Голова // Экономика региона, 2022. – № 18 (4). – С. 1062–1074. – DOI:10.17059/ekon.reg.2022-4-7.
5. Концепция технологического развития на период до 2030 года / Консорциум кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/130165759> (дата обращения: 03.05.2024).
6. Наука. Технологии. Инновации: 2024 : краткий статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 104 с.
7. Федеральная служба государственной статистики [сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 03.05.2024).
8. Федеральная таможенная служба [сайт]. – URL: <https://customs.gov.ru> (дата обращения: 03.05.2024).

References

1. Global'nyj innovacionnyj indeks 2024g.[Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://ict.moscow/research/globalnyi-innovatsionnyi-indeks-2024-goda/>
2. Bondarskaya O.V. Ocenka dinamiki razvitiya i finansovoj ustojchivosti organizacii // Finansovaya ekonomika. 2020. №10. 334-337 s. – [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44216678> (data obrashcheniya: 03.05.2024)

3. Evlampiev YU. R., Bondarskaya T.A. Osobennosti preodolenij ugroz v deyatel'nosti regional'nyh predpriyatij. Strategii protivodejstviya ugrozam ekonomicheskoy bezopasnosti Rossii: materialy IV Vserossijskogo foruma po ekonomicheskoy bezopasnosti / pod obshch.red. T. A. Bondarskoj – Tambov : Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2022. S. 19-26.

4. Golova I.M. Nauchno-tehnicheskij potencial regionov kak osnova tekhnologicheskoy nezavisimosti RF. Ekonomika regiona, 2022.- 18 (4). -1062-1074 [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa:<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-4-7>.

5. Konceptiya tekhnologicheskogo razvitiya na period do 2030 goda [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://docs.cntd.ru/document/130165759>

6. Nauka. Tekhnologii. Innovacii: 2024: kratkij statisticheskij sbornik / V.V. Vlasova, L. M. Gohberg, K. A. Ditkovskij i dr.; Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – M.: ISIEZ VSHE, 2024. – 104 s. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: NAUKA, TEKHNOLOGII, Innovacii - SBORNIK 2024.pdf

7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru>

8. Federal'naya tamozhennaya sluzhba [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://customs.gov.ru>

УДК 339.137.2(075.8)

ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Н. В. Немогай, к. т. н., доцент кафедры экономики и информационных технологий Гомельского филиала Международного университета «МИТСО», Гомель, Беларусь, e-mail: niknemogay@tut.by

Н. В. Бонцевич, д. э. н., профессор кафедры экономики и информационных технологий Гомельского филиала Международного университета «МИТСО», Гомель, Беларусь, e-mail: nvbont@mail.ru

С. Д. Колесников, к. э. н., доцент, директор гомельского филиала международного университета «митсо», гомель, беларусь, e-mail: gf@mitso.by

Реферат

Представлены методологические подходы к формированию двухкомпонентной инновационной модели система управления конкурентоспособностью (СУКсп) учреждения высшего образования (УВО), т. е. (ИСУКсп УВО), предусматривающей устранение (нивелирование) существующих геополитических вызовов.

Первый компонент – внешнее окружение, который включает входные данные, выходные результаты, обратную связь и связь с внешней средой. Второй компонент, или «черный ящик», представляет собой внутреннюю структуру, которая включает в себя взаимосвязанные компоненты, обеспечивающие воздействие субъектов управления на объект, преобразование входных данных в выходные и достижение целей модели ИСУКсп УВО. Данный компонент также включает модифицированные подсистемы (измененные под современные реалии): научное сопровождение, целевую, обеспечивающую, управляемую и управляющую подсистемы, которые были детально разработаны.

Ключевые слова: геополитическая нестабильность, УВО, инновационная модель, конкурентоспособность (Ксп), система управления конкурентоспособностью УВО (СУКсп УВО), составляющая, подсистема.

AN INNOVATIVE MODEL OF THE HEA COMPETITIVENESS MANAGEMENT SYSTEM

N. V. Nemogay, N. V. Bontsevich, S. D. Kolesnikov

Abstract

Methodological approaches to the formation of a two-component innovation model of a competitiveness management system (CMMS) of a higher education institution (HEI) are presented, i. e. (ISUKsp UVO), which provides for the elimination (levelling) of existing geopolitical challenges.

The first component is the external environment, which includes input data, output results, feedback and communication with the external environment. The second component, or “black box,” is an internal structure that includes interconnected components that ensure the influence of control subjects on the object, the transformation of input data into output data and the achievement of the goals of the UVO IMSCS model.

This component also includes modified subsystems (changed to modern realities): scientific support, target, support, managed and control subsystems, which have been developed in detail.

Key words: geopolitical instability, HEO, innovation model, competitiveness (Ksp), HEO competitiveness management system (SUKsp HEO), component, subsystem.

Введение

Обеспечение выживаемости в рыночных условиях существующей глобальной геополитической нестабильности – одна из важнейших задач современной экономики Беларуси, России и содружества независимых стран (СНГ), которую необходимо решать посредством обеспечения конкурентоспособности базовых социально-политических, производственных и технических объектов, одними из первых, в роду которых, являются профессиональные кадры (персонал), формирование которых осуществляют учреждения высшего образования (УВО) [1]. Исследования осуществлялись по отработанным методическим рекомендациям в рамках выполнения комплексных исследовательских сквозных заданий (КИСЗ); практических занятий студентов; работы студенческих научных кружков; курсов подготовки (переподготовки) специалистов.

Анализ исследований в указанной области показывает, что для повышения качества образовательного процесса в системе высшего образования могут быть применены два подхода. Первый подразумевает сертификацию текущих систем управления качеством по международным стандартам и создание системы качественного менеджмента (СМК) [2–6]. Однако, практика показывает, что ожидаемых улучшений пока не достигнуто [3, 4].

Исходя из системного подхода, который применяется в известных исследованиях [5, 7, 8], можно предположить, что параллельно с методологией управления качеством, также следует разработать методологию управления системой, то есть конкурентоспособностью в системе высшего образования. Таким образом, создание системы управления конкурентоспособностью УВО (СУКспУВО) [8–11] в системе высшего образования будет целесообразным подходом.

С учетом вышеизложенного и инновационного подхода мы ставили своей целью рассмотрение основ повышения конкурентоспособности УВО, путем создания соответствующей инновационной модели инновационной СУКспУВО, адаптированной к глобальной геополитической нестабильности, а также анализа ее элементов, ответственных за методологию подготовки современных специалистов.

Основная часть

Разработка модели инновационной системы управления конкурентоспособностью УВО (ИСУКсп УВО). Анализ исследований в указанной области показал, что применительно к Беларуси, России и СНГ, модель ИСУКсп УВО может быть представлена в виде двух взаимодействующих между собой (прямыми и обратными связями) блоков, представленных на рисунке 1 [8].

1) Первый блок – внешнее окружение, включает и взаимодействующих между собой (прямыми и обратными связями) четырех компонентов: 1.1 – вход; 1.2 – выход; 1.3 – обратная связь; 1.4 – связь с внешней средой.

2) Второй компонент, известный как "черный ящик", представляет собой внутреннюю структуру модели ИСУКсп УВО. Этот компонент включает в себя элементы, которые взаимодействуют между собой с помощью прямых и обратных связей, и реализуют процессный подход к управлению. Внутренняя структура обеспечивает воздействие субъектов управления на объект, преобразование входных данных в выходные и достижение целей системы управления конкурентоспособностью (включает подсистемы: 2.1 – научного сопровождения, 2.2 – целевую, 2.3 – обеспечивающую, 2.4 – управляемую и 2.5 – управляющую).

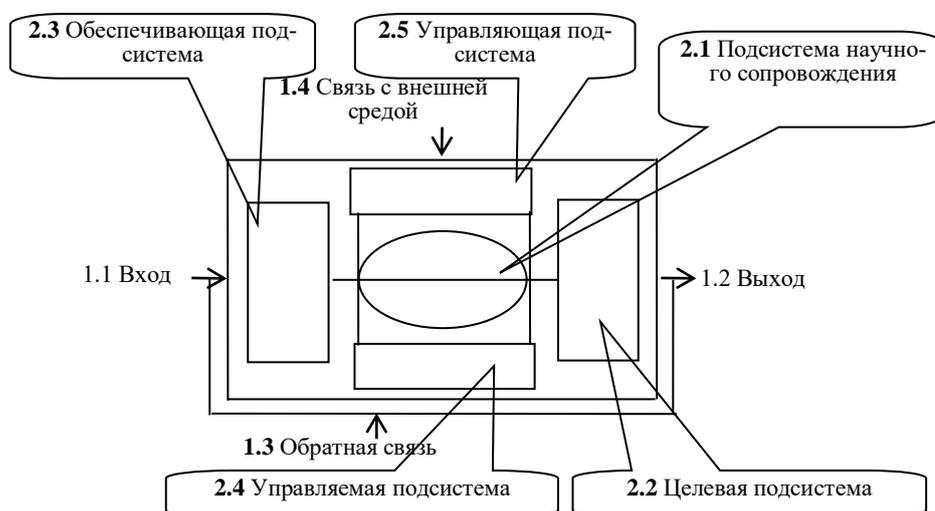


Рисунок 1 – Модель инновационной системы управления конкурентоспособностью УВО (ИСУКсп УВО)

Компоненты внешнего окружения (первого блока) модели ИСУКсп УВО

К компонентам внешнего окружения модели ИСУКсп УВО относятся: вход (1.1), выход (1.2), обратная связь (1.3), связь с внешней средой (1.4).

К входу (1.1) ИСУКсп УВО относятся: а) трудовые, материальные, информационные, финансовые и другие ресурсы; б) процедура профессионального

приема абитуриентов, имеющих представление (ознакомленных) о будущей специальности.

К элементам результатов или *выхода (1.2)*, определяющим ожидания рынка от системы высшего образования, относятся выпускники, обладающие конкурентоспособными навыками и преимуществами по сравнению с другими специалистами. Эти навыки включают умение разрабатывать системы управления конкурентоспособностью заданного объекта и способность управлять коллективом для достижения поставленных целей. Кроме того, можно также рассматривать следующие компоненты: доля трудоустроенных выпускников, среднемесячный доход выпускников в первый год после окончания образования, а также процент выпускников, обратившихся в систему высшего образования для получения дополнительного образования (продолжение обучения, магистратура, аспирантура и т. д.). Основные условия выхода:

- высококачественные маркетинговые исследования и обоснованные нормативы конкурентоспособности будущих специалистов;
- обеспечение параметров конкурентоспособности входа модели ИСУКсп;
- обеспечение параметров конкурентоспособности в процессе образования;
- применение эффективных стратегий рекламы, каналов распределения студентов и других инструментов рыночного механизма.

Обратная связь (1.3). К компонентам обратной связи ИСУКсп относятся:

а) отзывы (рекламации) и предложения потребителей (заказчиков) УВО о конкурентоспособности его выпускников;

б) число и конкурентоспособность результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР) УВО;

в) число и престижность полученных УВО премий, призов, и др.

Связь с внешней средой (1.4). К внешней среде модели ИСУКсп, определяющей, кто и как воздействует на УВО со стороны, относятся макросреда (1.4.1), мезосреда или инфраструктура региона (1.4.2) и микросреда (1.4.3). Эти компоненты и их влияние на УВО, подробно рассматривались в первой нашей статье.

Факторами конкурентоспособности УВО выступают: уровень конкурентоспособности специалистов (выпускников), а также конкурентный потенциал УВО. Последний представляет собой интегральный показатель, сочетающий организационно-технический уровень учебно-образовательного процесса (качество процессов) и уровень менеджмента (качество управления) УВО. Задача руководства УВО сводится к тому, чтобы, учитывая представленные факторы, обеспечить конкурентоспособного входа, затем – конкурентоспособного процесса («черный ящик»), что позволит и «выход» системы получить конкурентоспособным и достичь цели [8].

Краткая характеристика внутренней структуры модели ИСУК_{сп} УВО

Внутренняя структура модели ИСУКсп УВО или «черный ящик», состоит из взаимодействующих между собой (прямыми и обратными связями) подсистем: 2.1 – научного сопровождения, 2.2 – целевой, 2.3 – обеспечивающей, 2.4 – управляемой и 2.5 – управляющей [7–11].

2.1 Составная часть научного сопровождения модели ИСУКсп УВО включает в себя различные инструменты, которые основаны на концепциях и принципах конкурентоспособной экономики. Эти инструменты включают методологические и методические основы, а также научные принципы и методы

управления конкурентоспособностью системы высшего образования, которые адаптированы под современные условия.

Результаты этой подсистемы включают методологические подходы, направленные на повышение конкурентоспособности системы высшего образования. Рассматриваются также взаимосвязи между целями конкурентоспособности системы высшего образования, ее конкурентными преимуществами, а также целями конкурентоспособности и конкурентными преимуществами национальной экономики. Кроме того, изучается взаимосвязь и взаимодействие конкурентоспособности системы высшего образования с рынками государства, а также с мировой экономикой.

2.2 Целевая подсистема модели ИСУКсп УВО определяет цели и стратегии, направленные на обеспечение конкурентоспособности системы высшего образования в настоящем и будущем. Это достигается через конкурентоспособность учебно-образовательных услуг, которая определяется их качеством, ценой, затратами на образовательный процесс и размещением маркетинговых активностей. Важным фактором является также конкурентный потенциал системы высшего образования, который определяется качеством учебно-образовательных процессов и эффективностью управления.

Основные результаты целевой подсистемы включают стратегию по повышению конкурентоспособности системы высшего образования, которая соответствует целям социально-экономического развития страны, конкурентоспособности национальной экономики.

2.3 Обеспечивающая подсистема модели ИСУКсп УВО основана на нескольких основных компонентах: правовом, методическом, ресурсном и информационном. В современных условиях она также должна включать защитный (охранный) компонент для обеспечения безопасности.

Информационное обеспечение в этой подсистеме рекомендуется осуществлять с использованием CALS-технологий, которые предполагают эффективное использование компьютерных и информационных технологий для максимального сбора, обмена и анализа данных.

Таким образом, обеспечивающая подсистема состоит из нескольких компонентов, включая правовые, методические, ресурсные и информационные, при этом акцент ставится на необходимости включения охранного компонента и использования CALS-технологий. В частности, к числу основных аспектов, определяющих эффективность применения CALS-технологий, для практической реализации концепции «конкуренция – конкурентоспособность» в УВО, относятся:

- компьютерная автоматизация, позволяющая повысить производительность основных процессов и операций создания информации;
- информационная интеграция процессов, обеспечивающая минимизацию числа вспомогательных операций и многократное использование одних и тех же данных, а также управление качеством услуг и ресурсов.

Цель данной подсистемы заключается в обеспечении нормального функционирования системы высшего образования и повышении ее конкурентоспособности. Продуктами этой подсистемы являются научно обоснованные ресурсы, включающие информационные, трудовые, основные и оборотные средства,

а также материальные и нематериальные ресурсы. Эффективное использование этих ресурсов обеспечивает конкурентоспособный результат.

2.4 Управляемая подсистема модели ИСУКсп УВО включает разработку мероприятий (продуктов), которые направлены на достижение стратегических и тактических целей по повышению конкурентоспособности управляемого объекта. Эти мероприятия основаны на принципах расширенного воспроизводства и инвестиционного развития, реализации маркетинговой политики, инновационного, финансового и антикризисного менеджмента.

В современных условиях важным дополнением этих мероприятий являются ресурсо- энергосберегающий и экологический компоненты, которые направлены на эффективное использование ресурсов и соблюдение экологических требований.

При детализации и декомпозиции управляемой подсистемы модели ИСУКсп УВО рекомендуется рассматривать функции стратегического маркетинга в сочетании с функциями стратегической логистики, а также дополнять функции тактического маркетинга функциями тактической логистики. Это позволит учесть весь комплекс маркетинго-логистической деятельности при управлении конкурентоспособностью системы высшего образования.

2.5 Управляющая подсистема модели ИСУКсп УВО включает: задачи, формы, методы и функции управления конкурентоспособностью УВО; государственное регулирование и создание условий для повышения конкурентоспособности УВО; формирование конкурентных преимуществ УВО; воспроизводственную, организационную, техническую, технологическую и социальную структуру управления, ориентированные на достижение стратегических и тактических целей повышения конкурентоспособности УВО; бизнес-планы повышения конкурентоспособности и развития УВО, его структурных и функциональных компонентов. Продукты подсистемы – прогнозы, планы, структуры, результаты анализа, оценки и стимулирования повышения конкурентоспособности УВО, в том числе за счет использования механизма равноправного государственно-частного партнерства (ГЧП).

Подробный анализ (декомпозиция) подсистем внутреннего содержания модели ИСУКсп УВО может быть представлен в последующих наших публикациях.

По нашему мнению, большой практический интерес представляет возможность использования методики разработки модели ИСУКсп УВО в качестве комплексного исследовательского сквозного задания (КИСЗ), выполняемого при подготовке конкурентоспособных кадров (человеческих ресурсов – персонала, специалистов, руководителей и государственных служащих, преподавателей, студентов) экономической, юридической и инженерной направленности, активно разрабатываемого в Гомельском филиале Международного университета «МИТСО» [7, 8]. Без них в условиях жесткой конкуренции бесполезно надеяться на решение каких-либо крупных (комплексных, системных) социально-экономических проблем. Именно поэтому персонал стоит на первом месте в ряду объектов конкурентоспособности предприятия.

Выводы

Одним из перспективных направлений повышения эффективности учреждений высшего образования (УВО) в современных кризисных условиях является

создание инновационной модели системы управления конкурентоспособностью УВО (ИСУКсп УВО).

Разработанная и модифицированная под существующие внешние условия модель ИСУКсп УВО направлена на активизацию деятельности управляемого объекта и обладает высоким уровнем инновационной активности для преодоления существующих геополитических вызовов. Она включает два взаимосвязанных компонента, которые взаимодействуют между собой.

Первый компонент – внешнее окружение, который включает входные данные, выходные результаты, обратную связь и связь с внешней средой. В работе проведена детальная декомпозиция и анализ компонентов этого внешнего окружения модели ИСУКсп УВО в соответствии с современными реалиями.

Второй компонент, известный как «черный ящик», представляет собой внутреннюю структуру, которая включает в себя взаимосвязанные компоненты, обеспечивающие воздействие субъектов управления на объект, преобразование входных данных в выходные и достижение целей модели ИСУКсп УВО. Данный компонент также включает модифицированные подсистемы (измененные под современные реалии): научное сопровождение, целевую, обеспечивающую, управляемую и управляющую подсистемы, которые были детально разработаны.

Таким образом, разработанная модель ИСУКсп УВО основывается на взаимосвязанных компонентах внешнего окружения и внутренней структуры, предоставляя возможность более эффективного управления и достижения целей в условиях современных вызовов.

Список используемых источников

1. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь. – URL: https://www.mil.by/ru/military_policy/basic/koncept (дата обращения: 10.01.23).
2. Шимов, В. Н. Перспективы развития высшей школы Беларуси: поиск ответов на новые вызовы / В. Н. Шимов, Л. М. Крюков // Бел. эконом. журнал. – 2015. – № 3. – С. 79–103.
3. Ровба, Е. А. Инновационная бизнес-модель для классического университета: стратегия успеха как ответ на вызовы современности / Е. А. Ровба // Выш. школа. – 2016. – № 4. – С. 29–33.
4. Ровба, Е. А. Оценка качества образования: кто, как, когда и для кого может и должен его оценивать / Е. А. Ровба [и др.] // Выш. школа. – 2015. – № 2. – С. 13–17.
5. Фатхутдинов, Р. А. Управление конкурентоспособностью вуза / Р. А. Фатхутдинов. // Высш. образов. в России. – 2006. – № 9. – С. 37–41.
6. Головачев, А. С. Конкурентоспособность организации: учеб. пособие / А. С. Головачев. – Минск : Выш. шк. – 2012. – 319 с.
7. Немогай, Н. В. Конкурентоспособность предприятия: учебник / Н. В. Немогай, Н. В. Бонцевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : РИВШ, 2023. – 524 с.
8. Немогай, Н. В. Модель системы управления конкурентоспособностью предприятия / Н. В. Немогай С. Д. Колесников // Стандарты и качество. – 2020. – № 6. – С. 88–93.
9. Колесников, С. Д. Конкурентоспособность учреждения образования: системно-процессный подход / С. Д. Колесников, Н. В. Немогай // Веснік Магілёўскага дзярж. ун-та ім. А. А. Куляшова. – 2020. – № 1 (55). – С. 24–30.
10. Колесников, С. Д. Конкурентоспособность учреждения образования: системно-процессный подход, подсистема научного обоснования / С. Д. Колесников, Н. В. Немогай // Веснік Магілёўскага дзярж. ун-та ім. А. А. Куляшова. – 2020. – № 1 (55). – С. 34–40.
11. Немогай, Н. В. Роль обеспечивающей подсистемы в управлении конкурентоспособностью предприятия / Н. В. Немогай С. Д. Колесников, // Стандарты и качество. – 2023. – № 1. – С. 98–103.

References

1. The concept of national security of the Republic of Belarus.” [Electronic resource]. Access mode: https://www.mil.by/ru/military_policy/basic/koncept. (date of access: 01/10/23).
2. Shimov, V.N. Prospects for the development of higher education in Belarus: the search for answers to new challenges / V.N.Shimov, L.M.Kryukov // Bel. ekonom. journal. No.3.2015. pp.79-103.
3. Rovba, E.A. An innovative business model for a classical university: a strategy for success as a response to the challenges of modernity / E.A. Rovba // Higher School. No.4. 2016. pp.29-33.
4. Rovba, E.A. Assessment of the quality of education: who, how, when and for whom can and should evaluate it / E.A. Rovba [et al.] // Higher school. .No.2. 2015. pp.13-17.
5. Fatkhutdinov R.A. Managing the competitiveness of an organization: textbook / R. A. Fatkhutdinov. – 3rd ed. – M.: Market DS, 2008. – 432 p.
6. Golovachev A. S. Competitiveness of the organization: textbook. allowance / A.S. Golovachev. – Minsk: Vysh.shk., 2012. – 319 p.
7. Nemogai, N. V. Competitiveness of an enterprise: textbook / N. V. Nemogai, N. V. Bontsevich. – 3rd ed., revised. and additional – Minsk: RIVSH, 2023. – 524 p.
8. Nemogai N.V. Model of enterprise competitiveness management system / N.V. Nemogai S.D. Kolesnikov, // Standards and quality. - 2020. - No. 6. - P. 88-93.
9. Kolesnikov, S. D. Competitiveness of educational institutions: a system - process approach / S. D. Kolesnikov, N. V. Nemogai // Bulletin of Mogilev State University named after A. A. Kuleshov". №1(55). 2020. Pp. 24-30.
10. Kolesnikov, S.D. Competitiveness of an educational institution: a system-process approach, a subsystem of scientific justification / S.D. Kolesnikov, N.V. Nemogai // Vesnik Magileyskaga dzyarzhaynaga universiteta imya A.A.Kulyashova". №1(55). 2020. Pp.34-40.
11. Nemogai, N.V. The role of the providing subsystem in managing the competitiveness of an enterprise / N.V. Nemogai, S.D. Kolesnikov, // Standards and quality. — 2023. — No. 1. — pp.98-103.

УДК 911.3(476) + 342.26

ТРАНСФОРМАЦИЯ АДМИНИСТРАТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛАРУСИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКОВ

А. А. Сидорович, к. г. н., доцент, доцент кафедры городского и регионального развития, Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брест, Беларусь, e-mail: brestsid@gmail.com

Реферат

В статье представлены результаты оценки влияния изменения административного статуса областного и районного уровня на демографическое и социально-экономическое развитие поселений Беларуси во второй половине XX – начале XXI вв. Для всех районных центров Беларуси характерна эволюционная либо устойчивая модель урбанизационного развития, что подтверждает роль административного фактора. За период 1938–2023 гг. районными центрами являлись 189 поселений, из которых 118 сохраняют данный статус в настоящее время и 71 утратили его в 1940–1962 гг. Утрата статуса райцентра лишала поселений значительного импульса социально-экономического и демографического развития. За период 1959–2019 гг. экс-райцентры потеряли 29 % населения, в действующих райцентрах прирост людности составил 204 %.

Ключевые слова: административно-территориальное деление, система расселения, городские поселения Беларуси, статус поселений, районные центры.

TRANSFORMATION OF ADMINISTRATIVE STRUCTURE OF URBAN SETTLEMENTS OF BELARUS IN THE SECOND HALF OF THE XX – BEGINNING OF THE XXI CENTURIES

A. A. Sidorovich

Abstract

The article presents the results of assessing the impact of changes in the administrative status of the regional and district levels on the demographic and socio-economic development of settlements in Belarus in the second half of the 20th – early 21st centuries. All district centers of Belarus are characterized by an evolutionary or stable model of urbanization development, which confirms the role of the administrative factor. During the period 1938–2023, 189 settlements were district centers, of which 118 retain this status at present and 71 lost it in 1940–1962. The loss of the district center status deprived the settlements of a significant impetus to socio-economic and demographic development. During the period 1959–2019, former district centers lost 29 % of their population, while in existing district centers the population increase was 204 %.

Keywords: administrative-territorial division, settlement system, urban settlements of Belarus, status of settlements, district centers.

Введение

Перспективы и потенциал развития поселений зависят не только от их людности, физико- и экономико-географического положения, но и от их роли в административно-территориальной иерархии страны или региона. Более высокий статус в административно-территориальном устройстве предопределяет большую инвестиционную привлекательность для субъектов хозяйствования и миграционную притягательность для населения. Текущее административно-территориальное деление Беларуси представляет собой трехуровневую систему «область – район – сельсовет». Первый уровень включает шесть областей и г. Минск – столицу Беларуси. Ко второму уровню относятся 118 районов и соответствующие им по статусу десять городов областного подчинения. Третий уровень представлен 1135 сельсоветами и 14 городами районного подчинения. В то же время городские поселения одновременно могут выступать как центры административно-территориальных единиц, так и являться самостоятельными единицами. Выполнение населенным пунктом той или иной административной функции означает нахождение на его территории местного Совета депутатов, а также исполнительного и распорядительного органа в лице исполнительного комитета. Между тем административная структура поселений и административно-территориальное деление страны в целом не являются статичными. В настоящее время центрам 118 районов являются 99 городов и 19 поселков городского типа, а общее число городских поселений составляет 200, из которых 115 городов и 85 поселков городского типа [1, с. 64]. Однако с 1938 г., когда сложилась современная трехуровневая административная структура, в границах современной Беларуси статус городских поселений утратили 38, а статус районных центров – 71 населенный пункт.

Целью данного исследования выступает оценка влияния изменения административного статуса областного и районного уровня на демографическое и социально-экономическое развитие поселений Беларуси во второй половине XX – начале XXI вв.

Формирование административной структуры поселений Беларуси

В начале 1938 г. в соответствии с изменениями и дополнениями Конституции СССР в составе Белорусской ССР (БССР) образовывались Витебская, Гомельская, Минская, Могилевская и Полесская (с центров в Мозыре) области, в границах которых было сформировано 90 административно-территориальных районов [2]. После воссоединения Западной Беларуси и БССР в декабре 1939 г. были образованы Барановичская, Белостокская, Брестская, Вилейская и Пинская области [3]. В этих областях был создан 101 район, из которых с центрами в пределах современных границ Беларуси – 79 районов [4, с. 98–103]. После освобождения территории Беларуси от немецко-фашистских захватчиков с целью оптимизации системы управления восстановлением экономики в сентябре 1944 г. были образованы Бобруйская, Гродненская и Полоцкая области, а областной центр Вилейской области переносился из Вилейки в Молодечно с переименованием области в Молодечненскую. В августе 1945 г. между СССР и Польшей был подписан договор об установлении государственной границы, в соответствии с которым последней передавалось 18 районов Белостокской и 3 района Брестской области [5].

Значительные преобразования административно-территориального деления Беларуси осуществлялись до середины 1960-х гг. В феврале 1954 г. были упразднены Барановичская, Бобруйская, Пинская, Полесская и Полоцкая области с перераспределением районов между соседними областями. В послевоенный период первые преобразования районов состоялись в конце 1956 г., когда были упразднены Домачевский, Шерешевский, Кохановский, Ореховский, Ульский, Журавичский, Светиловичский, Стрешинский, Любченский, Мирский и Гресский районы. В июне 1957 г. был упразднен Ильинский район в существовавшей тогда еще Молодечненской области, а в октябре того же года были упразднены Бытенский и Жабчицкий районы Брестской области. На протяжении 1959 г. были упразднены следующие районы (курсивом выделены существующие районы): Сопоткинский, Антопольский, Дивинский, *Жабинковский*, Телеханский, Освейский, Заславский, Краснослободский, Свирский, Василевичский, *Дрибинский*, *Круглянский*, *Чериковский* и Дисненский районы. В 1960 г. наряду с упразднением Молодечненской области прекратили существование 15 районов: Ленинский, Богушевский, Ветринский, Суражский, Домановичский, Василишковский, Козловщинский, Порозовский, Бегомльский, Руденский, Холопеничский, Видзовский, Дуниловичский, Радошковичский, Юратишковский. Перераспределение территорий указанных районов происходило не только в пользу соседних районов той же области, но и путем включения в состав районов смежных Витебской, Гродненской и Минской областей. Как правило, такая передача территорий происходила в границах сельсоветов. Значительное увеличение площади Минской области, в первую очередь за счет перераспределения территории Молодечненской области, во многом обусловило принятие 23 января 1960 г. решения о передаче Глусского района из состава Минской области в состав Могилевской. Тогда же сложилось современное административно-территориальное устройство Беларуси первого порядка, включающее шесть областей и г. Минск. Таким образом, из 12 административно-территориальных областей, существовавших в Беларуси до середины 1950-х гг., шесть областей были упразднены, а их центры утратили соответствующий

административный функционал. Статус областных центров имели: Вилейка (04.12.1939–20.09.1944, центр был перенесен в Молодечно, а область переименована в Молодечненскую), Барановичи (04.12.1939–8.01.1954), Бобруйск (20.09.1944–8.01.1954), Мозырь (15.01.1938–08.01.1954), Пинск (04.12.1939–08.01.1954), Полоцк (20.09.1944–8.01.1954) и Молодечно (20.09.1944–20.01.1960).

В январе 1961 г. прекратил существование Давид-Городокский район Брестской области с включением его территории в состав Столинского района. В апреле 1962 г. было упразднено сразу восемь районов: Высоковский (целиком включен в состав Каменецкого района), *Шарковщинский*, Уваровичский, Туровский, Желудокский, *Зельвенский*, Ивенецкий, *Хотимский*. Самое масштабное укрупнение административно-территориальных районов и, следовательно, упразднение, было санкционировано 25 декабря 1962 г. Из существовавших 123 районов было упразднено 46: 7 в Брестской области (Городищенский, *Ивацевичский*, *Малоритский*, *Ивановский*, *Ганцевичский*, Логишинский, Ружанский) с 11 сохранившимися районами; 8 в Витебской области (*Докишский*, *Дубровенский*, Езерищенский, Плиссский, *Россонский*, *Ушачский*, *Чашицкий*, *Шумилинский*) с 14 сохранившимися районами; 10 в Гомельской области (*Ветковский*, Комаринский, Копаткевичский, *Кормянский*, *Лельчицкий*, *Лоевский*, *Наровлянский*, *Октябрьский*, Тереховский, *Чечерский*) с 14 сохранившимися районами; 7 в Гродненской области (*Берестовицкий*, *Дятловский*, *Корелицкий*, *Мостовский*, *Островецкий*, Радунский, Скидельский) с 11 сохранившимися районами; 9 в Минской области (*Березинский*, *Воложинский*, *Клецкий*, Кривичский, Плещеницкий, *Смолевичский*, Старобинский, *Стародорожский*, *Узденский*) с 15 сохранившимися районами; 5 в Могилевской области (*Глусский*, *Кличевский*, *Кричевский*, *Осиповичский*, *Славгородский*) с 12 сохранившимися районами.

Утрата статуса районного центра не во всех случаях была обусловлена упразднением административно-территориальных районов. Имел место и перенос центра в поселения с более выгодным экономико-географическим положением или меньшим масштабом разрушений в ходе Великой Отечественной войны (таблица 1).

Таблица 1 – Поселения, утратившие статус районного центра в результате его переноса в другое поселение

Бывший райцентр	Район	Текущий район	Дата		Место перевода органов власти
			приобретения статуса	утраты статуса	
Валевка	Валевковский	Новогрудский	15.01.1940	25.11.1940	д. Кореличи
Куренец	Куренецкий	Вилейский	15.01.1940	05.07.1946	г. Вилейка
Коссово	Коссовский	Ивацевичский	15.01.1940	20.09.1947	г. п. Ивацевичи
Ленино	Ленинский	Житковичский	15.01.1940	08.06.1950	р. п. Микашевичи
Дуниловичи	Дуниловичский	Поставский	15.01.1940	08.06.1950	г.п. Воропаево
Плиса	Плиссский	Глубокский	15.01.1940	08.06.1950	д. Подсвилье
Новоельня	Дятловский	Дятловский	04.05.1945	08.01.1954	г. п. Дятлово
Новая Мышь	Новомышский	Барановичский	15.01.1940	20.05.1954	г. Барановичи
Василишки	Василишковский	Щучинский	15.01.1940	03.08.1954	г. п. Острино
Жабчицы	Жабчицкий	Пинский	15.01.1940	30.05.1955	д. Молотковичи
Сураж	Суражский	Витебский	20.02.1938	10.09.1957	г. п. Яновичи
Паричи	Паричский	Светлогорский	20.02.1938	09.06.1960	г. п. Шатилки

Примечание – г. п. Шатилки с 29.07.1961 – г. Светлогорск.

Так, в 1950 г. центр Плисского района был перемещен из деревни Плиса в деревню Подсвилье. Несмотря на то, что в 1962 г. Плиссский район был ликвидирован, д. Подсвилье в 1958 г. успела получить статус городского поселка. Часто же потеря статуса районного центра приводила к понижению статуса поселения. Так, пять городских поселков, утративших статус центра района, впоследствии были переведены в категорию сельских населенных пунктов: Куренец (деревня с 16 июля 1954 г., статус райцентра утрачен 5 июля 1946 г.), Ленин (9 января 1952 г. и 8 июня 1950 г. соответственно), Дуниловичи (16 июля 1954 г. и 8 июня 1950 г. соответственно), Василишки (3 августа 1954 утрачен статус райцентра с одновременным понижением категориального статуса до деревни) и Улла (деревня с 29 апреля 2004 г., статус райцентра утрачен еще 17 декабря 1956 г.).

В связи с усложнившейся управляемостью уже в 1965 и 1966 гг. было воссоздано соответственно 17 и 23 района. В соответствии с Указом Президиума Верховного Совета Белорусской ССР «Об образовании новых районов Белорусской ССР» от 6 января 1965 г. были образованы Ивановский, Ивацевичский и Малоритский районы в Брестской области; Докшицкий, Дубровенский, Россонский и Чашникский районы Витебской области; Ветковский, Лельчицкий, Наровлянский и Чечерский районы Гомельской области; Дятловский, Кореличский, Мостовский и Островецкий Гродненской области; Березинский, Воложинский, Смолевичский и Солигорский районы (ранее не существовал, вообрал территории бывших Краснослободского и Старобинского районов; к моменту разукрупнения районов Солигорск имел статус города областного подчинения в отличие от городских поселков Красная Слобода и Старобин, что предопределило выбор места размещения органов власти образуемого района) Минской области; Кличевский, Кричевский, Осиповичский и Славгородский Могилевской области. Согласно Указу Президиума Верховного Совета Белорусской ССР «Об образовании новых районов Белорусской ССР» от 30 июля 1966 г. в Брестской области воссоздавались Ганцевичский и Жабинковский районы, в Витебской – Ушачский, Шарковщинский и Шумилинский, в Гомельской – Кормянский, Лоевский и Октябрьский, в Гродненской – Берестовицкий и Зельвенский, в Минской – Клецкий, Стародорожский и Узденский, в Могилевской – Глусский, Круглянский и Хотимский. На протяжении более 30 лет сложившееся административно-территориальное деление на уровне районов оставалось неизменным. Лишь 29 декабря 1989 г. был образован 118-й район – Дрибинский (был упразднен в 1959 г.) для массового переселения лиц, оказавшихся на пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС территориях Могилевской области.

В целом из 71 поселения, ранее выполнявшего функции центров районов, 22 изначально имели статус города или городского поселка (в их числе Василишки, Дуниловичи и Улла, впоследствии перешедших в категорию сельских населенных пунктов), 37 были преобразованы из сельских поселений в городские поселки будучи районными центрами (в их числе Куренец и Ленин) и лишь 12 так и остались сельскими поселениями (Бытень, Валева, Гресск, Дивин, Жабчицы, Журавичи, Илья, Молотковичи, Новая Мышь, Плиса, Поречье, Светиловичи). Таким образом, более половины бывших районных центров (37 или 52 %) были повышены в поселенческом статусе. Среди последних два

поселения в дальнейшем были преобразованы обратно в сельские поселения (5 %). В то же время из 39 поселений, обладавших городским статусом после 1938 г., 34 административных функций районного уровня не выполняли и к 2024 г. были преобразованы в сельские поселения или включены в городскую черту городов – крупных экономических центров. Это значит, что 87 % бывших городских поселений не являлись районными центрами (или 84 % при исключении поселений, вошедших в городскую черту городов). Несмотря на потерю дополнительного фактора развития пять поселков городского типа в последующие годы за счет собственного индустриального или туристско-рекреационного потенциала были переведены в разряд городов (Василевичи, Заславль, Микашевичи, Скидель, Туров). В противоположность этому пять городских поселков – бывших районных центров в итоге стали сельскими населенными пунктами (Василишки, Дуниловичи, Куренец, Ленин, Улла), а 25 действующих городских поселков (Ветрино, Кривичи, Логишин, Озаричи, Порозово и др.) на начало 2024 г. не соответствовали критериям численности населения (не менее 2 тыс. чел.). С другой стороны, из 189 поселений, являющихся либо являвшихся районными центрами, 172, или 91 %, в настоящее время относятся к категории городов или городских поселков. Таким образом, если учитывать все поселения, имевшие городской статус за анализируемый период, то окажется, что 74 % из них в разные периоды выполняли роль центров районов (177 из 239).

Из 200 современных городских поселений Беларуси 172, или 86 %, являются либо являлись районными центрами на протяжении того или иного периода в 1938–2023 гг.: 118 действующих и 54 ранее бывших административных центров. Следовательно, 28 современных городов и поселков городского типа никогда не являлись районными центрами. Однако несмотря на большое разнообразие таких поселений, различия в их экономико-географическом положении, роль в системе расселения они обладают общей чертой – это поселения, которые, как правило, имеют либо имели моноиндустриальную или милитаристскую специализацию. Среди них семь городов, в том числе возникших в середине XX в. в процессе индустриализации: Барань (завод союзного «Красный Октябрь» по производству радиотехнической продукции военного и гражданского назначения), Белоозерск (Березовская ГРЭС), Березовка (стеклозавод), Жодино (завод дорожных и мелиоративных машин, Смолевичская ГРЭС / Жодинская ТЭЦ), Новолукомль (Лукомская ГРЭС), Новополоцк (нефтеперерабатывающий завод и химический комбинат), Фаниполь (завод железобетонных мостовых конструкций). В зависимости от масштабов и продолжительности строительства градообразующих предприятий перечисленные поселения, имея статус рабочего либо городского поселка, в последующем преобразовывались в города. Минули стадию рабочего поселка только Жодино и Фаниполь. Никогда не являлись районными центрами все пять рабочих поселков Беларуси (Большевик, Елизово, Речица, Сосновый Бор, Татарка), что в целом отражает общую закономерность, в соответствии с которой республиканские власти воздерживались от превращения рабочих поселков в районные центры. В числе действующих поселков городского типа, которые не выполняли роль райцентров, во-первых, имеются городские поселки, достигшие своего поселенческого статуса благодаря военной инфраструктуре (Бобр, Болбасово, Заречье, Мачулищи,

Россь, Уречье), во-вторых, характеризующиеся развитой индустриальной базой (Городея – сахарный комбинат, Зеленый Бор – торфопредприятие, Красносельский – цементный завод, Копысь – изразцово-плиточный завод, Лынтупы – спиртзавод, Оболь – биохимический, кирпичный заводы и завод керамических изделий, Правдинский – торфобрикетный завод, Свислочь – завод горного воска, строительство Минской атомной электростанции, Смиловичи – валяльно-войлочная фабрика и кожевенный завод), в-третьих, единственный в Беларуси курортный поселок Нарочь.

О чрезвычайно важной роли выполнения административных функций районного уровня (и тем более областного) свидетельствует тот факт, что из 118 современных районов в 44 их центры после приобретения соответствующего статуса перешли в более высокую категорию поселений (без учета поселений, получивших городской статус в момент наделения административных функций райцентров). Большим разнообразием отличаются траектории (схемы) развития поселений. В общей сложности нами выделено три траектории повышения категориального статуса районных центров (эволюционная модель урбанизационного развития): «городской поселок → город»; «сельское поселение → городской поселок → город»; «сельское поселение → городской поселок».

Наиболее распространенная схема поселенческого развития районных центров сопряжена переходом городских поселков в разряд городов. Именно таким образом 30 районных центров стали городами. Такие райцентры представлены во всех областях, но особенно широко в Гомельской и Минской. Первым таким городским поселком стал Браслав, статус которого был повышен до города 12 октября 1940 г. менее чем через год после образования Браславского района (15 января 1940 г.). В мае 1945 г. Пропойск вместе с преобразованием из городского поселка в город получил и новое наименование «Славгород». Примечательно, что в целом в процессе таких преобразований в Брестской и Минской областях не осталось районов, центрами которых оставались городские поселки. В Брестской области последним районным центром в статусе городского поселка оставался Каменец (до 1983 г.), в Минской области – Узда (до 1999 г.). Последним прецедентом по преобразованию городских поселков – районных центров стали Белыничи Могилевской области (2017 г.), спустя 17 лет после предшествующего аналогичного преобразования Кличева. Это свидетельствует о том, что в ближайшие годы вероятность подобных изменений невелика и будет носить лишь единичный характер (таблица 2).

Таблица 2 – Городские поселки, получившие статус города после наделения их функциями центров административно-территориальных районов

№	Районный центр	Год получения статуса города	№	Районный центр	Год получения статуса города
1	Браслав	12.10.1940	16	Наровля	03.11.1971
2	Славгород	23.05.1945	17	Чечерск	03.11.1971
3	Марьина Горка	22.07.1955	18	Житковичи	19.11.1971
4	Толочин	22.07.1955	19	Буда-Кошелево	31.12.1971
5	Светлогорск	29.07.1961	20	Ганцевичи	06.12.1973
6	Щучин	31.08.1962	21	Каменец	24.06.1983
7	Чашники	07.02.1966	22	Копыль	29.04.1984

Продолжение таблицы 2

№	Районный центр	Год получения статуса города	№	Районный центр	Год получения статуса города
8	Ивацевичи	28.05.1966	23	Дятлово	21.09.1990
9	Дрогичин	10.11.1967	24	Крупки	07.05.1991
10	Хойники	10.11.1967	25	Логойск	28.05.1998
11	Березино	07.03.1968	26	Узда	10.03.1999
12	Любань	07.03.1968	27	Ивье	12.01.2000
13	Смолевичи	07.03.1968	28	Кличев	11.09.2000
14	Иваново	11.03.1971	29	Свислочь ¹	11.09.2000
15	Ельск	05.07.1971	30	Бельниччи	18.01.2017

Примечание – Свислочь как райцентр получила статус города 15.01.1940, переведена в категорию городских поселков 12.10.1940.

Уникальной траекторией поселенческого развития обладают Ивацевичи. В 1947 г. в Ивацевичи был перенесен центр Коссовского района с одновременным переименованием района в Ивацевичский и преобразованием Ивацевичей из рабочего поселка в городской. Фактически органы власти частично стали переезжать в Ивацевичи еще в апреле 1945 г. (например, Комитет по делам физической культуры и спорта при исполнительном комитете Коссовского районного Совета депутатов трудящихся). В мае 1966 г. Ивацевичи получили статус города. Из-за значительных разрушений в период Второй мировой войны сразу после освобождения от немецко-фашистских захватчиков в июле 1944 г. центр Ленинского района из г. п. Ленин был перенесен в рабочий поселок Микашевичи. Юридически смена административного центра была оформлена лишь в июне 1950 г. [6, с. 141]. Схожая ситуация сложилась и в Дуниловичском районе. Ввиду практически полного разрушения и уничтожения еврейского населения, в основном проживавшего в Дуниловичах, после освобождения района от немецко-фашистских захватчиков 4 июля 1944 г. вновь сформированные органы власти разместились в расположенной севернее деревне Воропаево, имевшей к тому же более выгодное транспортно-географическое положение на примыкании железнодорожной линии Воропаево – Друя к линии Крулевщина – Пабраде.

Трансформация районных центров по схеме «сельское поселение → городской поселок → город» отмечена в отношении восьми поселений, одна половина из которых была преобразована в города в советский период, вторая – в суверенный (таблица 3). В представленных случаях не выявлено прямой корреляции между изменением категории поселения и вводом в строй значимых промышленных предприятий, что в очередной раз указывает на роль непосредственно административной функции в повышении статуса поселений. Первый пример преобразований по указанной траектории касался Малориты, которая, став 15 января 1940 г. районным центром, из сельского поселения была преобразована 12 октября 1940 г. в городской поселок, а 23 декабря 1970 г. – в город. Последним из районных центров, преобразованных сначала в городской поселок и затем в город, стало Круглое в Могилевской области (2017 г.). Индустриальное развитие в связи со строительством Белорусской АЭС, а не районный статус, очевидно, обусловило отнесение в апреле 2012 г. Островца к категории городов районного подчинения.

Таблица 3 – Районные центры, преобразованные в города по схеме «сельское поселение → городской поселок → город»

№	Районный центр	Дата получения статуса городского поселка	Дата получения статуса города
1	Мосты	12.10.1940	22.07.1955
2	Жабинка	16.04.1952	23.12.1970
3	Малорита	12.10.1940	23.12.1970
4	Миоры	07.08.1957	07.01.1972
5	Мядель	17.11.1959	18.11.1998
6	Кировск	17.11.1959	24.08.2001
7	Островец	25.04.1958	04.04.2012
8	Круглое	11.03.1967	18.01.2017

Семь действующих районных центров после наделения соответствующими функциями были преобразованы из сельских населенных пунктов в городские поселки: Вороново, Шарковщина (оба – в 1940 г.), Большая Берестовица (1947; район был образован 20 сентября 1944 г. в связи с частичной передачей Крынковского район с его центром в состав Польши), Октябрьский (1954), Кореличи, Россоны (оба – 1958 г.), Дрибин (1997). Центр Дрибинского района на протяжении 1989–1997 гг. являлся единственным административным центром страны, имевшим статус сельского населенного пункта.

Рассмотрение поселений, утративших статус райцентров, в разрезе областей позволяет сделать ряд выводов. Во-первых, в большей степени преобразования административно-территориального устройства на районном и даже областном уровнях затронули западные регионы страны, вошедшие в состав Белорусской ССР в 1939 г. (вся Брестская и Гродненская области, западная часть Витебской и Минской областей). Административно-политическая интеграция вновь присоединенных территорий потребовала пересмотра сформированной сетки районов. При этом чем ближе располагались районы восточной части Беларуси к линии бывшей государственной границы, тем в большей степени происходили административно-территориальные преобразования. Например, в Брестской области число городских поселений – бывших райцентров соответствует числу современных районов, в Гродненской области 14 поселений ранее выполняли функции административных центров районов при 17 действующих. В то же время в Витебской области это соотношение составляет 16 из 21, в Минской – 13 из 22, в Гомельской – 12 из 21. Во-вторых, характер и глубина административно-территориальных преобразований зависела от наличия на условных относительно компактных территориях площадью 2000–3000 км² сопоставимых по социально-экономическому и демографическому потенциалу поселений, способных выполнять функции районных центров. Как свидетельствуют данные рисунка 1, отсутствие в пределах современных границ Могилевской области поселений, утративших статус райцентров, и есть следствие минимального числа или даже отсутствия конкурирующих центров. Именно поэтому административный статус действующих райцентров области был предопределен. В то же время именно Могилевская область наиболее отдалена от бывшей границы между Польшей и СССР. В настоящее время в Могилевской области к городским поселениям, не входящим в число райцентров, относятся только рабочие поселки Елизово и Татарка Осиповичского района.

В качестве индикатора уровня социально-экономического развития поселений, особенно в части концентрации многоквартирного жилья, элементов благоустройства, социальной инфраструктуры и в целом дифференциации городских и сельских поселений, выступает плотность населения. В отношении бывших районных центров данный тезис полностью справедлив.

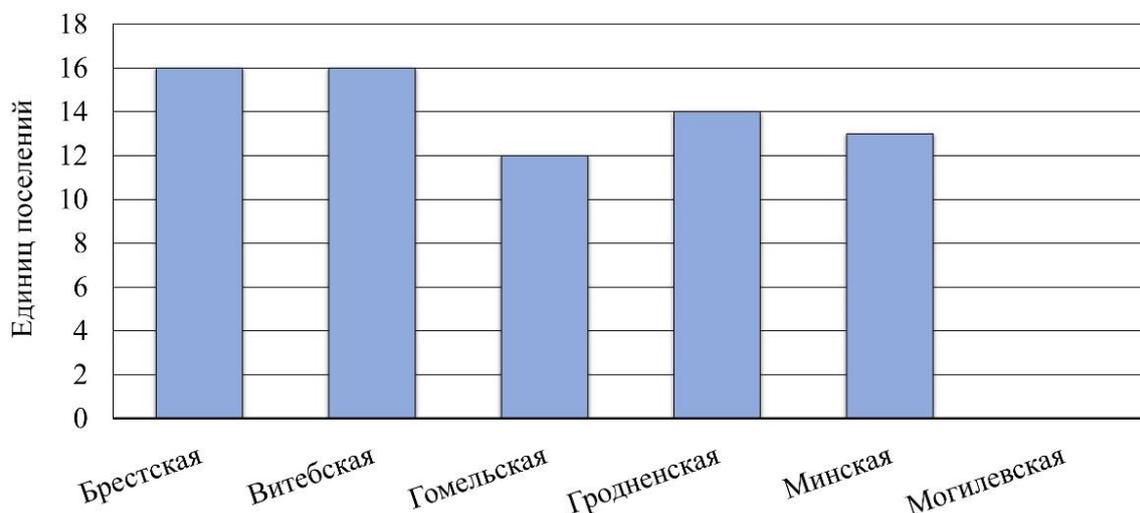


Рисунок 1 – Число поселений, утративших статус райцентров, в разрезе областей за период 1938–2023 гг.

Так, в девяти городах – экс-райцентрах плотность населения в среднем составляет 720 чел./км², в 45 городских поселках – 471 чел./км², в 17 сельских поселениях – 325 чел./км² (рисунок 2). Средняя плотность населения всех экс-райцентров составляет 507 чел./км². В то же время суммарная площадь 71 поселения, ранее выполнявших функции районных центров, сопоставима с площадью Минска – 359 км² и 354 км² соответственно.



Рисунок 2 – Средняя плотность населения экс-райцентров по категориям поселений, человек на км² (по состоянию на 04.10.2019)

Безусловно, средние величины не отражают всего многообразия в поселенческой структуре населенных пунктов даже в рамках одной категории. Создание в конкретном населенном пункте относительно крупных экономических субъектов требовало привлечения квалифицированных сотрудников (рабочей

силы) извне, что в свою очередь определяло потребность в формировании массового жилищного фонда, оборудованного, к тому же, элементами благоустройства (централизованное водоснабжение и водоотведение, система центрального отопления). Особенно масштабно эта закономерность проявлялась в Беларуси в советский период, для которого было характерно плановое хозяйство и командно-административная система управления экономикой. Спектр экономических субъектов достаточно широк – сельскохозяйственные предприятия (в первую очередь совхозы либо ведомственные животноводческие комплексы и тепличные комбинаты), фабрики, заводы, комбинаты, электростанции, транспортные предприятия, военные городки. В бывших административных центрах районов, относящихся в настоящее время к категории городов, плотность населения варьирует от 293 км² в Дисне (с крупнейшими нанимателями в лице лесхоза и линейно-производственной диспетчерской станцией нефтепровода) до 1224 км² в Микашевичах (с крупнейшим предприятием добывающей промышленности РУПП «Гранит»). Среди городских поселков – экс-райцентров плотность населения находится в диапазоне от 184 км² в Сураже до 1840 км² в Коханово. Десятикратная разница в плотности населения объясняется вышеобозначенными факторами и в целом подтверждает общую закономерность. В Сураже крупнейшим экономическим субъектом является одноименный лесхоз. Коханово в настоящее время представляет собой многопрофильный кластер, включающий промышленные (ОАО «Амкодор-КЭЗ» по производству дорожных и землеройных машин, белорусско-литовское совместное предприятие «Святовит» ООО по производству машин для строительных работ, ООО «Кохановский трубный завод «Белтрубпласт» по производству пластмассовых плит и труб) и сельскохозяйственные (ОАО «Коханово-АГРО») предприятия, учреждение профессионального образования (учреждение образования «Кохановский государственный колледж», реализующее программы профессионально-технического образования). Во второй половине 1970–1980-х гг. в Коханово для работников экскаваторного завода был построен целый микрорайон (рисунок 3).



Рисунок 3 – Спутниковый снимок застройки г. п. Коханово (сервис «Яндекс. Карты»)

В сельских поселениях, ранее выполнявших функции центров районов, плотность населения находится в пределах от 162 км² в агрогородке Дивин до 754 км² в агрогородке Молотковичи (рисунок 4). Низкая плотность населения

Дивина обусловлена крайне растянутой территорией. По площади этот агрогородок (15,7 км²) превосходит площадь восьми вместе взятых экс-райцентров в статусе сельских поселений, включая и Молотковичи, а из всех бывших районных центров уступает только городу Заславлю (20,5 км²).

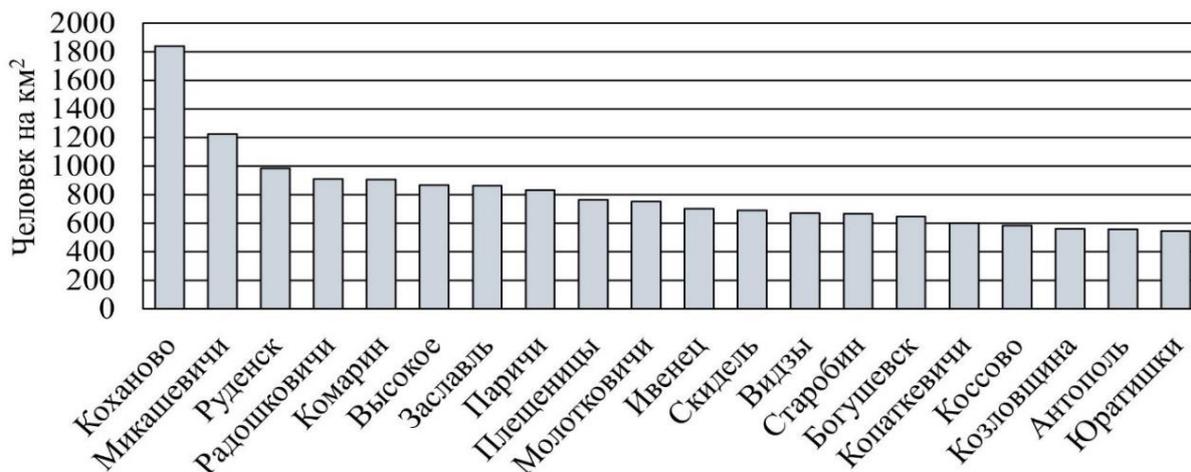


Рисунок 4 – Плотность населения 20 экс-райцентров с наибольшими показателями (по состоянию на 04.10.2019)

Относительно высокая плотность населения в Молотковичах достигается за счет размещения здесь Молотковичской специальной школы-интерната и филиала «Больница «Молотковичи» УЗ «Пинская центральная больница» (взрослое и детское инфекционные отделения). Близкое расстояние до районного центра и города областного подчинения Пинска придает агрогородку импульс развития. В октябре 2020 г. в Молотковичах был сдан в эксплуатацию пятиэтажный многоквартирный дом для нуждающихся в улучшении жилищных условий [7]. Более того из 20 экс-райцентров с наибольшей плотностью населения Молотковичи являются единственным сельским населенным пунктом.

Определить значимость административного статуса для социально-экономического развития позволяет сопоставление плотности населения в поселениях, ранее выполнявших функции центров районов, и в современных районных центрах. Средняя плотность населения действующих райцентров в статусе городских поселков составляет 845 чел./км², что на 80 % больше, чем в экс-райцентрах, имеющих в настоящее время статус городских поселков, и на 17 % больше, чем в городах районного подчинения, утративших статус районных центров. Плотность населения городских поселков – современных районных центров варьирует от 349 чел./км² в Дрибине, преобразованном в поселок городского типа только в 1997 г., до 1217 чел./км² в Большой Берестовице (рисунок 5). Причем среди них есть поселения, которые непрерывно выполняют функции административных центров районов на протяжении не менее 80 лет, – Вороново, Лиозно, Бешенковичи, Брагин, Краснополье. Приведенные примеры указывают, что импульс для развития дает не столько продолжительность выполнения административных функций, сколько сам факт их наличия в течение определенного времени, измеряемого несколькими десятилетиями. В целом по таким поселениям плотность населения не опускается ниже 600 чел./км², за исключением Дрибина.

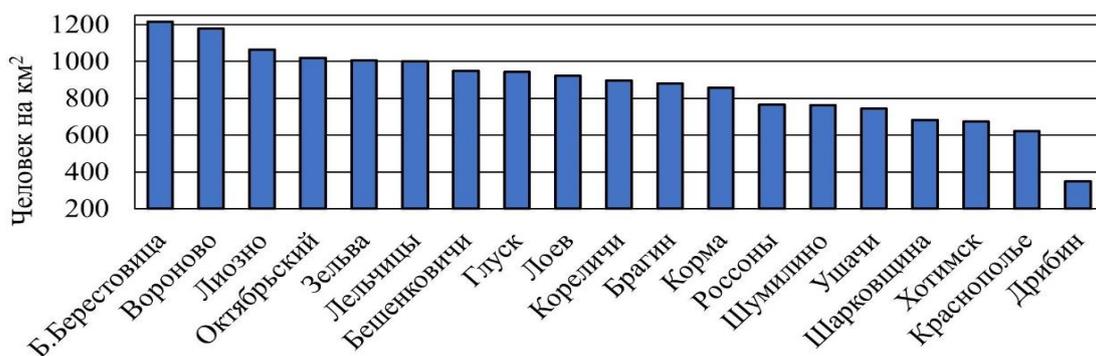


Рисунок 5 – Плотность населения районных центров в статусе городских поселков (по состоянию на 04.10.2019)

Еще более разительные отличия в плотности населения наблюдаются между городами – районными центрами (99 поселений) и городами – экс-райцентрами. Если в первых средняя плотность населения составляет 2415 чел./км², то во второй группе поселений в 3,4 раза меньше – 720 чел./км². Но даже без учета областных центров, в том числе и столицы, в 93 современных городах, выполняющих функции центров районов, плотность населения достигает 1594 чел./км² (в 2,2 раза больше, чем в городах – экс-райцентрах). В целом средняя плотность населения в современных районных центрах (без учета Минска и городов областного подчинения) составляет 1438 чел./км² (рисунок 6).

Утрата административного значения проявляется также в снижении темпов прироста демографического потенциала или даже в ускорении депопуляции. В целом за межпереписной период 1959–2019 гг. численность населения бывших районных центров снизилась на 29 %. Однако по отдельным категориям поселений имеют место значительные отличия. В городах, ранее обладавших статусом райцентров, численность населения увеличилась на 30 %.

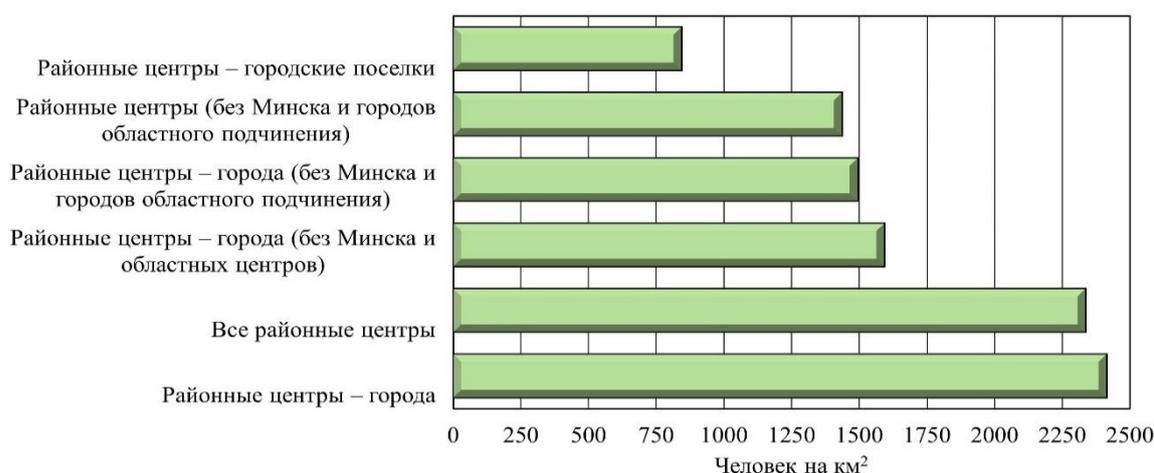


Рисунок 6 – Средняя плотность населения различных групп районных центров (по состоянию на 04.10.2019)

В сельских поселениях – бывших центрах районов людность снизилась на 22 %, в городских поселках – 38 %. При этом действующие районные центры продемонстрировали прирост населения в 204 % (без учета Минска и городов областного подчинения – 150 %). Численность населения 19 городских поселков – райцентров увеличилась на 88 %. Еще больше, чем в целом во всех

районных центрах, вырос демографический потенциал областных центров и городов областного подчинения, включая Жодино и Новополоцк. Людность в них увеличилась в 3,3 раза. Колоссальный рост людности имел место в Минске с увеличением числа его жителей в 3,9 раза.

Заключение

Современная городская система расселения Беларуси является отражением не только сложного, многофакторного и длительного процесса формирования экономической структуры общества, но и административно-территориального устройства страны. Значимость административной роли городских поселений подтверждается тем, что для всех районных центров Беларуси характерна эволюционная либо стагнирующая модель урбанизационного развития. За период 1938–2023 гг. районными центрами являлись 189 поселений, из которых 118 сохраняют данный статус в настоящее время и 71 утратили его в 1940–1962 гг. Утрата статуса райцентра лишала поселения значительного импульса социально-экономического и демографического развития. За период 1959–2019 гг. экс-райцентры потеряли 29 % населения, в действующих райцентрах прирост людности составил 204 %. Последние имеют более урбанизированную структуру пространства и экономики. Средняя плотность населения в них почти в три раза превышает показатель экс-райцентров. Определено, что из 39 поселений, обладавших городским статусом начиная с 1938 г., 34 административных функций районного уровня не выполняли и к 2024 г. были преобразованы в сельские поселения или включены в городскую черту городов – крупных экономических центров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Г23ИП-035) (№ГР 20231011).

Список цитированных источников

1. Сидорович, А. А. Городские поселения Беларуси: формирование сети и современный социально-экономический профиль : монография / А. А. Сидорович ; М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2024. – 263 с.
2. Административно-территориальное устройство БССР : справочник : в 2 т. / Главное архивное управление при Совете министров БССР, Институт философии и права Академии наук БССР ; отв. сост.: А. И. Карпачева. – Минск : Беларусь, 1985. – Т. 1. – С. 86–87.
3. Об образовании Барановичской, Белостокской, Брестской, Вилейской и Пинской областей в составе Белорусской ССР : Указ Президиума Верховного Совета СССР, 4 дек.1939 г. // Электронная библиотека исторических документов. – URL: <https://docs.historyrussia.org/ru/nodes/131068-ob-obrazovanii-baranovichskoy-belostokskoy-brestskoy-vileyskoy-i-pinskoy-oblastey-v-sostave-belorusskoy-ssr-ukaz-ot-4-dekabrya-1939-g> (дата обращения: 22.09.2024).
4. Сборник законов Белорусской ССР и указов Президиума Верховного Совета Белорусской ССР / Сост. Е. Я. Бурдзевецкий [и др.]. – Т. 1 : 1938–1973 гг. – Минск : Президиум Верховного Совета БССР, 1974. – 670 с.
5. Договор между Союзом Советских Социалистических Республик и Польской Республикой о советско-польской государственной границе : [заключен в г. Москве 16.08.1945] // ЭТАЛОН-ONLINE. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
6. Елизаров, С. А. Формирование и функционирование системы административно-территориального деления БССР (1919–1991 гг.) / С. А. Елизаров. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 222 с.
7. В агрогородке Молотковичи построили первый в Пинском районе сборно-монолитный жилой дом [Электронный ресурс] // Медиахолдинг «Варяг». – URL: <https://varjag.net/v-agrogorodke-molotkovichi-postroili-pervyj-v-pinskom-rajone-sbornno-monolitnyj-zhiloj-dom/> (дата обращения: 30.05.2024).

References

1. Sidorovich, A. A. Gorodskie poseleniya Belarusi: formirovanie seti i sovremen-nyj social'no-ekonomicheskij profil' : monografiya / A. A. Sidorovich ; M-vo ob-razovaniya Resp. Belarus', Brest. gos. un-t im. A. S. Pushkina. – Brest : BrGU, 2024. – 263 s.
2. Administrativno-territorial'noe ustrojstvo BSSR : spravochnik : v 2 t. / Glav-noe arhivnoe upravlenie pri Sovete ministrov BSSR, Institut filosofii i pra-va Akademii nauk BSSR ; otv. sost.: A. I. Karpacheva. – Minsk : Belarus', 1985. – T. 1. – S. 86–87.
3. Ob obrazovanii Baranovichskoj, Belostokskoj, Brestskoj, Vilejskoj i Pinskoj oblastej v sostave Belorusskoj SSR [Elektronnyj resurs] : Ukaz Prezidiuma Verhovnogo Soveta SSSR, 4 dek.1939 g. // Elektronnaya biblioteka istoricheskikh dokumentov. – Rezhim dostupa: <https://docs.historyrussia.org/ru/nodes/131068-ob-obrazovanii-baranovichskoy-belostokskoy-brestskoy-vileyskoj-i-pinskoj-oblastej-v-sostave-belorusskoj-ssr-ukaz-ot-4-dekabrya-1939-g>. – Data dostupa: 22.11.2023.
4. Sbornik zakonov Belorusskoj SSR i ukazov Prezidiuma Verhovnogo Soveta Belorusskoj SSR / Sost. E. Ya. Burdzevickij [i dr.]. – T. 1 : 1938–1973 gg. – Minsk : Prezidium Verhovnogo Soveta BSSR, 1974. – 670 c.
5. Dogovor mezhdru Soyuzom Sovetskih Socialisticheskikh Respublik i Pol'skoj Res-publikoj o sovetsko-pol'skoj gosudarstvennoj granice [Elektronnyj resurs] : [zaklyuchen v g. Moskva 16.08.1945 g.] // ETALON-ONLINE. Zakonodatel'stvo Res-publiki Belarus' / Nac. centr pravovoj inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2024.
6. Elizarov, S. A. Formirovanie i funkcionirovanie sistemy administrativno-territorial'nogo dele-niya BSSR (1919–1991 gg.) / S. A. Elizarov. – Gomel' : GGTU im. P. O. Suhogo, 2009. – 222 s.
7. V agrogorodke Molotkovichi postroili pervyj v Pinskom rajone sborno-monolitnyj zhiloy dom [Elektronnyj resurs] // Mediaholding «Varyag». – Rezhim dostupa: <https://varjag.net/v-agrogorodke-molotkovichi-postroili-pervyj-v-pinskom-rajone-sborno-monolitnyj-zhiloy-dom/>. – Data dostupa: 30.05.2024.

УДК 656

INTRODUCTION OF A SEPARATE PEDESTRIAN REGULATION PHASE AS A MEANS OF REDUCING EMERGENCY LOSSES IN ROAD TRAFFIC

D. P. Khodoskin, Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Department of "Automobile Transportation and Road Traffic Management"

A. S. Atamanenko, Master's student Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus, e-mail: dlya_moih_studentov@mail.ru

Abstract

The annual growth of the intensity of transport and pedestrian flows in the Republic of Belarus also directly affects road safety. In most countries, accidents in motor transport have become one of the most important socio-economic problems. It is no coincidence that the UN Road Safety Regulations characterize it as a global crisis.

More than 270 thousand pedestrians die on the roads of the world every year. Globally, pedestrians account for 22 % of the total number of deaths as a result of road accidents, and in some countries - up to two thirds of such cases. In addition, millions of pedestrians are injured in accidents, and some of the victims become disabled for life. These accidents, in addition to personal "losses", also lead to emergency (and other!) losses, for which the state "pays" [1]. An effective measure aimed at

improving pedestrian safety is the optimization of the traffic light regulation cycle, with a separate phase for pedestrian movement.

Keywords: pedestrian regulation phase; regulated intersection; pedestrian crossing; accidents; traffic delays.

ВВЕДЕНИЕ ОТДЕЛЬНОЙ ПЕШЕХОДНОЙ ФАЗЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ПОТЕРЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Д. П. Ходоскин, к. т. н, доцент кафедры управления автомобильными перевозками и дорожным движением, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Республика Беларусь

А. С. Атаманенко, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Республика Беларусь, e-mail: dlya_moih_studentov@mail.ru

Реферат

Ежегодный рост в Республике Беларусь интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается также на безопасности дорожного движения. В большинстве стран аварийность на автомобильном транспорте превратилась в одну из важнейших социально-экономических проблем. Не случайно положение о безопасности дорожного движения ООН характеризует как глобальный кризис.

Ежегодно на дорогах мира погибают более 270 тыс. пешеходов. В глобальных масштабах на долю пешеходов приходится 22 % общего числа случаев смерти в результате ДТП, а в ряде стран – до двух третей таких случаев. Кроме того, миллионы пешеходов получают в ДТП ранения, причем некоторые из пострадавших становятся инвалидами на всю жизнь. Эти несчастные случаи кроме личной «потери», а также приводят к возникновению аварийных (и не только!) потерь, за которые «расплачивается» государство [1]. Действенным мероприятием, направленным на повышение безопасности пешеходов, является оптимизация цикла светофорного регулирования, с выделением отдельной фазы для движения пешеходов.

Ключевые слова: пешеходная фаза регулирования; регулируемый перекресток; пешеходный переход; аварийность; задержки движения.

Introduction

The most vulnerable and unprotected road users are pedestrians and cyclists. Conflict situations (and, unfortunately, road accidents) on the streets involving pedestrians occur both due to the fault of the pedestrians themselves and due to the fault of car drivers, which often ends in death.

Improving the conditions of motor transport in modern cities requires the use of a whole range of architectural, planning and technical measures. While the implementation of road and architectural planning measures requires, in addition to significant capital investments, a fairly long period of time, measures related to the organization of road traffic can provide a quick effect, and in some cases act as the only means of solving transport problems.

Very often, at regulated pedestrian crossings, pedestrians cross the road together with parallel moving (turning) vehicles. In this case, conditionally permissible conflicts arise between turning vehicles and pedestrians, i. e. there is a risk of an accident involving turning vehicles and pedestrians. The organization of a separate pedestrian phase reduces the number of such conflicts and, as a consequence, accidents. Additionally, it becomes possible to organize a diagonal pedestrian crossing, where pedestrians have the opportunity to cross the controlled intersection diagonally.

Main part. The article considers an example of calculation for the implementation of a separate pedestrian phase at the controlled intersection of Uralskaya Street - Frolikova Street in Minsk (a satellite image of the design site is shown in figure 1) in order to reduce the number of conflicts with pedestrians and, accordingly, the number of accidents.

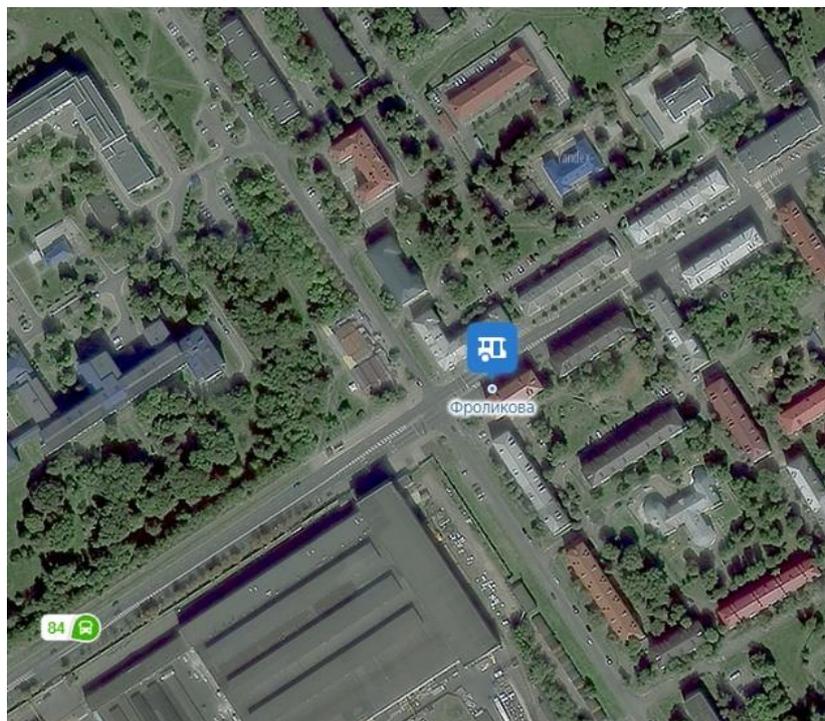


Figure 1 – Satellite image of the object under study

To perform calculations and subsequent assessment, a number of data about the object are required: a scale plan of the intersection (figure 2), the existing phased traffic scheme (figure 3), the existing traffic light control diagram (figure 4).

The assessment of the introduction of an additional pedestrian phase was carried out using the traffic light cycle optimization in the TRANSYT program. This is a computer simulation macroscopic modeling tool that is used to design, model and optimize both individual isolated intersections and large and complex transport networks. Due to the international wide expediency of using TRANSYT, it is currently one of the most widely used programs in the world related to the optimization of the duration of traffic light cycles.

The main capabilities of the TRANSYT program are the following [1]:

- the ability to use various research techniques (neural networks and other algorithms);

- a large number of objective functions used for optimization: combinations of progression capabilities, delays, stops, fuel consumption, throughput, queue accumulation;
- the ability to orient the optimization process to achieve specific goals;
- the ability to optimize the parameters of traffic light objects (cycle duration, phase sequence, phase duration, offset).

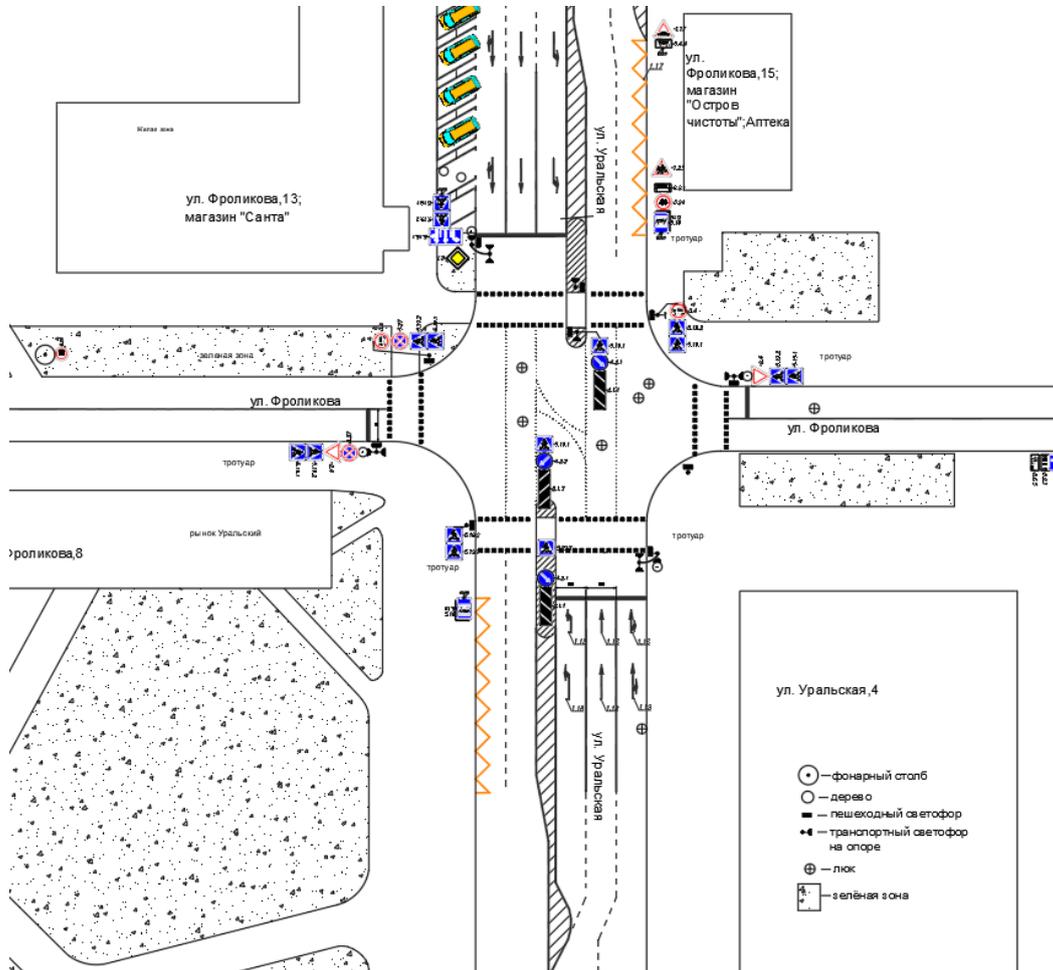


Figure 2 – Traffic management scheme at the site under study

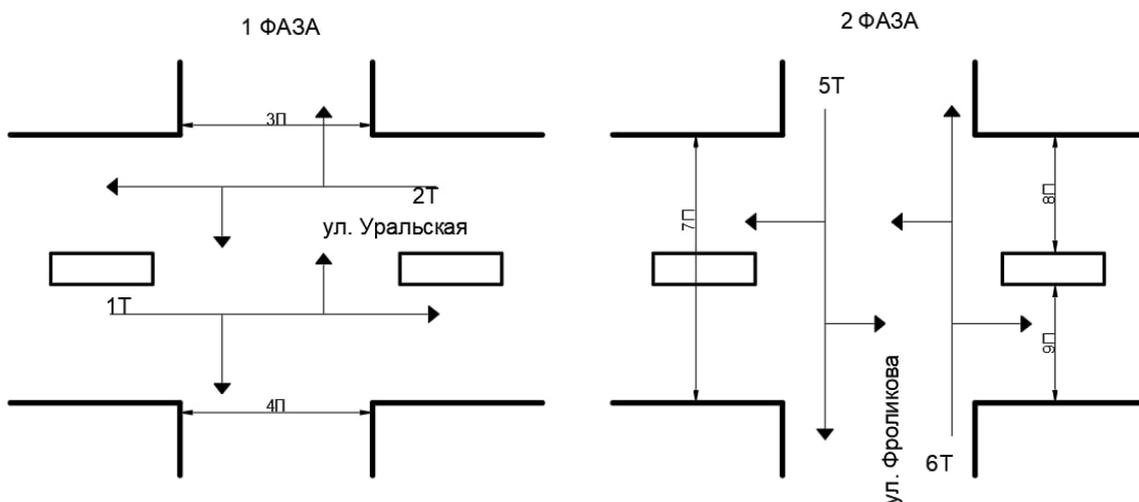


Figure 3 – Existing scheme of phased movement at the intersection

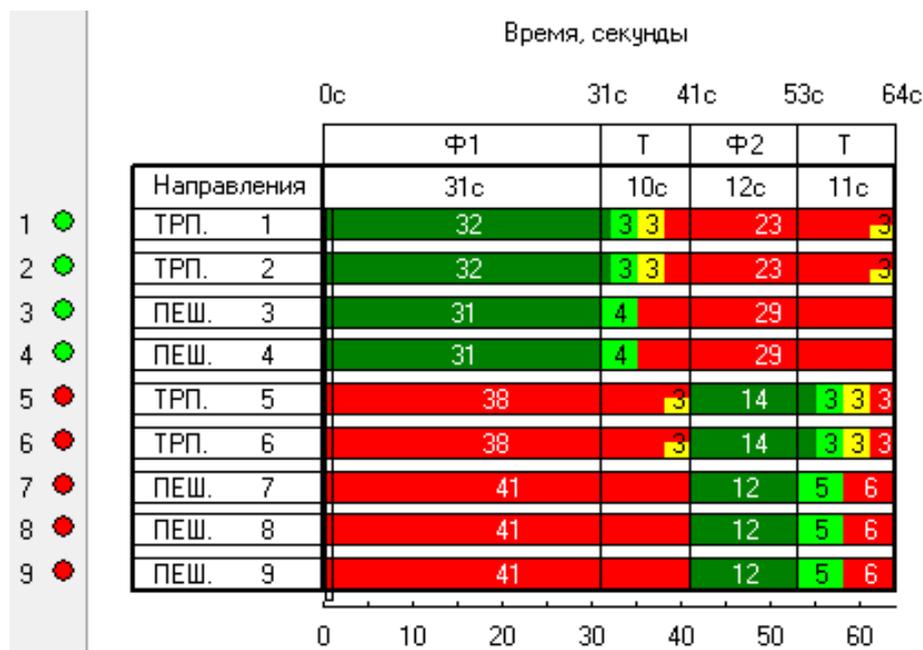


Figure 4 – Existing traffic light control diagram

TRANSYT-7FR optimizes the operation modes of traffic light objects by performing macro-modeling of the TP over small time intervals taking into account the possibility of varying the plan parameters. Important properties of the TRANSYT-7FR optimization process are the wide possibilities of using various search techniques (associated with the shortest descent method and genetic algorithm), the diversity of target functions to be optimized in various combinations (for example, combinations of the functions of unimpeded movement, delay, stop, fuel consumption, throughput and queue accumulation), the possibility of adapting the process within wide limits and the ability to optimize the parameters of the cycle duration and the choice of sequence, duration and phase offset.

Optimization of traffic light control parameters and adjustment of the phased passing were performed using the ArteryLite (TRANSYT) software package according to the following algorithm.

The first step is to create a new TRANSYT model.

The second step is to create traffic lanes.

Menu "Edit" – "Lanes". We create lanes in all directions: north, south, west, east. You can also select the menu command "Edit" – "Lanes" – "All approaches", which leads to the automatic opening of four copies of the window, one for each of the approaches to the intersection.

Figure 5 shows the initial window "Configuration of lanes at the intersection".

Window parameters (figure 5):

Lane Usage: the drop-down list contains a list of options for using the lane whose number is selected in the adjacent field: L – left turn, T – straight ahead, R – right, LT – left and straight ahead, LR – left and right, TR – straight ahead and right, LTR – left, straight ahead and right.

Analysis Type: the radio button allows you to select one of the analysis options – «Lane Group» or (more precise) «By Lanes».

Approach Direction: the approach to the intersection is selected in the drop-down list.

Distance: the input field specifies the distance on the current approach to the intersection from the previous intersection.

Intensity: the traffic intensity in each direction of the segment is indicated (vehicles per hour).

Rush Hour Factor: the input field is designed to set the rush hour factor (PHF) for the three standard directions of travel.

Turn Zone Capacity: The input field defines the capacity of the car queue in the left and right turn directions.

Add/Delete: The button allows you to create and delete lanes similar to the above-mentioned option in the diagram context menu.

Node Number: The menu for switching between intersection nodes.

The third step is to use the Intersection Traffic window. The Edit – Traffic menu to view and edit the flow rates and other traffic parameters (figure 6).

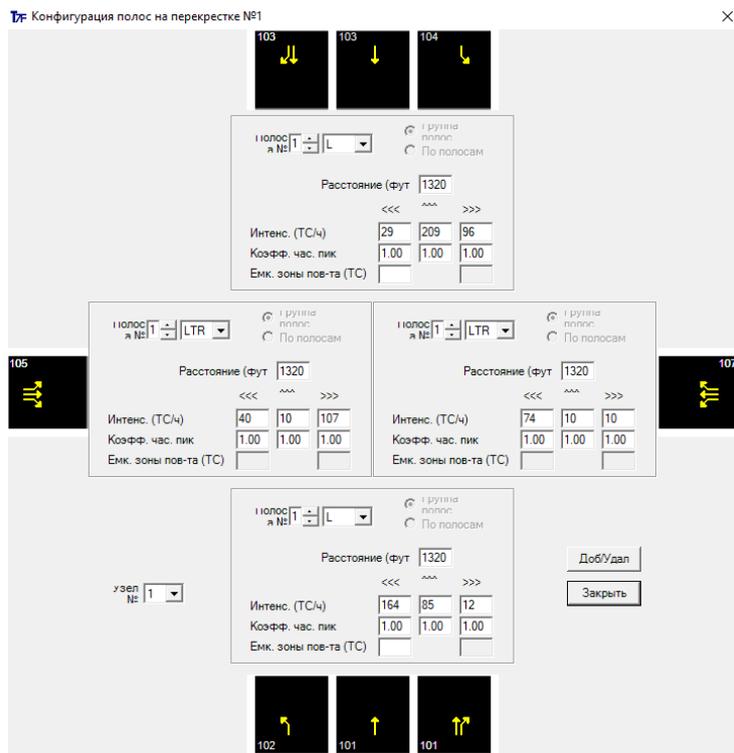


Figure 5 – «Intersection Lane Configurations»

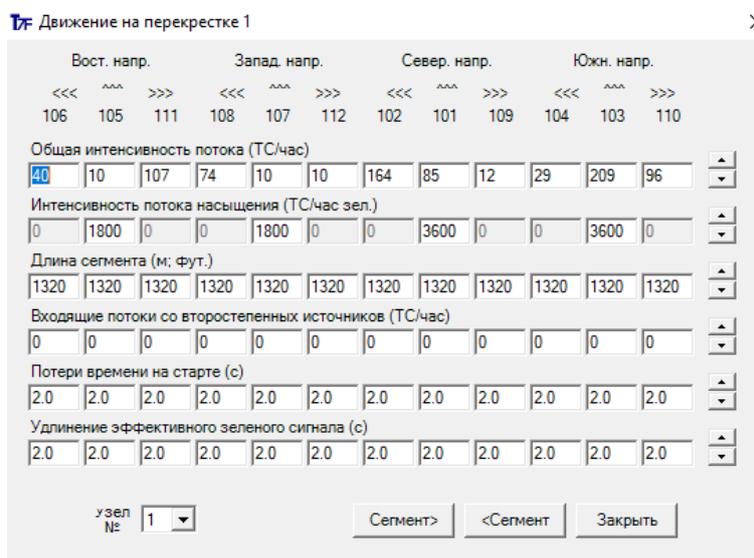


Figure 6 – Editing flow intensity and other movement parameters

The fourth step is setting phase tables (figure 7).

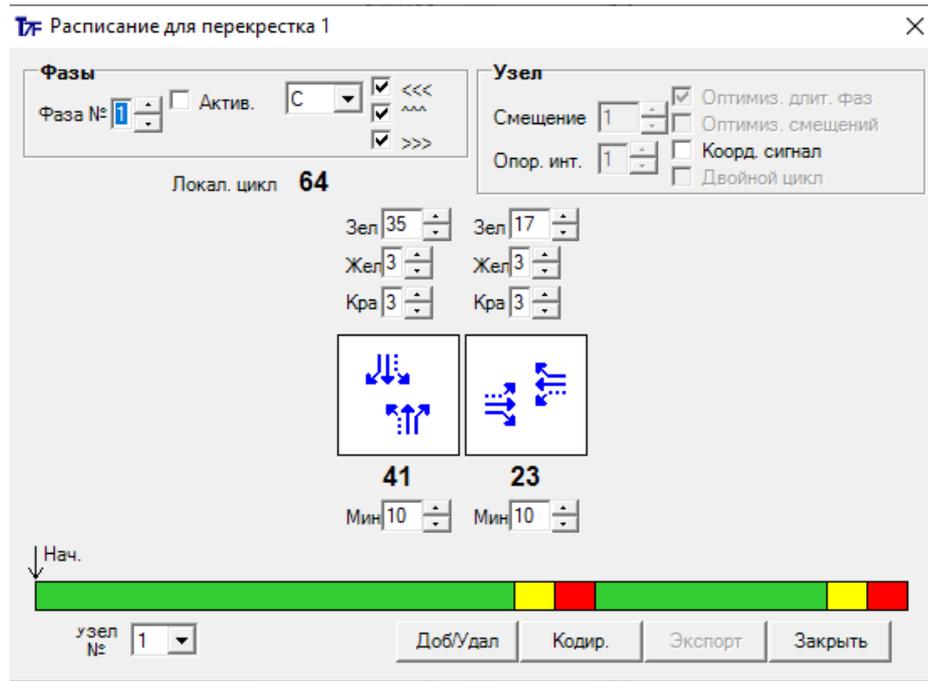


Figure 7 – Creating Phase Tables

Window parameters (figure 7):

Phase #: the content of the field indicates which phase is subject to editing.

Active: the checkbox determines whether the phase is active. The TRANSYT model assumes that if a specific direction of movement allows a phase to be updated or terminated, such a phase is considered active.

N / S / W / E: the approach (north/south/west/east) to be edited is selected from the list.

<<< (left) / ^^^ (straight) / >>> (right): the checkboxes are used to indicate which directions are active during the current phase, as well as to add or remove phases from the schedule.

Coordinated signal: set if the node is part of a coordinated network.

Minimum: the field is used to set the minimum duration of the phase (where the phase duration is equal to the sum of the lengths of the green, yellow and common red signal intervals).

Node number: Menu for switching between intersection nodes.

Phase diagram: The phase diagram is a graphical representation of the schedule. Inactive phases are indicated by blue arrows, while active phases are gray. Solid arrows correspond to preferred directions, while dashed arrows correspond to permitted directions.

Line diagram: The line diagram, along with the phase diagram, is one of the most important components of the Schedules window. When viewed from left to right, the diagram provides a space-time representation of the schedule. The horizontal axis represents the duration of the cycle and intervals. The width of each interval in the diagram is proportional to its duration. The line diagram is consistent with the phase diagram: the initial intervals on the left are associated with the first phase, while the final intervals, located on the right, are associated with the last phase.

Offset: The difference in seconds between the start times of green signals at adjacent signalized intersections.

Reference interval: Changing the value results in an offset of the start of the cycle.
 Add/Delete: Clicking on the button allows you to easily add or delete any phase for the active intersection.

Export: The button allows you to export data including cycle length, offsets and phase durations for the corresponding node to a CORSIM input file (*.TRF) (CORSIM is a microscopic traffic simulation program that compares candidate schedules obtained from TRANSYT-7FR optimization in its own simulation system).

Step 5 – Calculation of saturation flows.

This screen is designed to help the user adjust the saturation flow intensity values. If the adjusted saturation flow intensity values are already known, they can be entered directly on the Traffic screen and the calculator window is not needed at all. The pedestrian influence on turning traffic (none / minor / moderate / major) is also specified on this screen (figure 8).

Figure 8 – “Saturation Flow” Window

The “Calculation Parameters” window opens after pressing the “OK” button in the “Create TRANSYT Input File” window or is called up via the “Edit” – “Analysis” menu (figure 9).

After entering all the data, if no errors were detected, a report on the current transport data will appear on the screen.

Системные характеристики : для всех узлов

Основные показатели	единицы	Системное значение
Полн. пробег	а-мл/ч	211
Время полн. пробега	а-ч/ч	9
Полн. стан. з-жка	а-ч/ч	4
Полн. случ. з-жка	а-ч/ч	1
Общая з-жка	а-ч/ч	5
Сред. з-жка	сек/а	22.5
З-жка пассаж.	рах-а/ч	6
Станд. ост-ки:	а/ч	614
	%	73
Случ. ост-ки:	а/ч	86
	%	10
Полн. ост-ки:	а/ч	700
	%	83
Степ. насыщ. > 1	# Сегменты	0
Удлин. оч-ди	# Сегменты	0
Время в пробке	%	0
Длина периода	сек	900
Сист. Ск-сть	mph	24.0
Расх. Топл.	гал/ч	25
Опер. затраты	\$/ч	241
Индекс невыгодности	DI	5.3
Индекс эф-сти	Thru/DI	647.9

Figure 9– Window “Results of the existing regulation”

Calculation of the pedestrian phase:

At intersections and pedestrian crossings, the duration of the main beats must be checked for the possibility of passing pedestrians in the corresponding directions across the roadway. In accordance with the methodological recommendations, the time required for pedestrians to cross the roadway is calculated using the following formula [1]

$$t_{\text{пш}} = \frac{B_{\text{пч}}}{V_{\text{пш}}} + 5,$$

where $B_{\text{пч}}$ – is the width of the roadway crossed by pedestrians, m;
 $V_{\text{пш}}$ – is the speed of pedestrians, $V_{\text{пш}} = 1,3$ m/s.

The width of the roadway of pedestrian crossings at entrances I, II, III and IV is 19, 7.5, 20 and 8 meters, respectively.

Let us determine the duration of the permissive signal for pedestrians in each direction:

$$t_{\text{пш1}} = \frac{19}{1,3} + 5 = 19,6 \text{ с};$$
$$t_{\text{пш2}} = \frac{7,5}{1,3} + 5 = 20,3 \text{ с};$$
$$t_{\text{пш3}} = \frac{20}{1,3} + 5 = 10,7 \text{ с};$$
$$t_{\text{пш4}} = \frac{8}{1,3} + 5 = 11,2 \text{ с}.$$

Since pedestrians will cross any of the 4 pedestrian crossings (simultaneously), we select the maximum time. Thus, the duration of the pedestrian phase is 21 s.

Conclusion. The results of the work in the TRANSYT "Optimization" program are presented in figures 10 and 11.

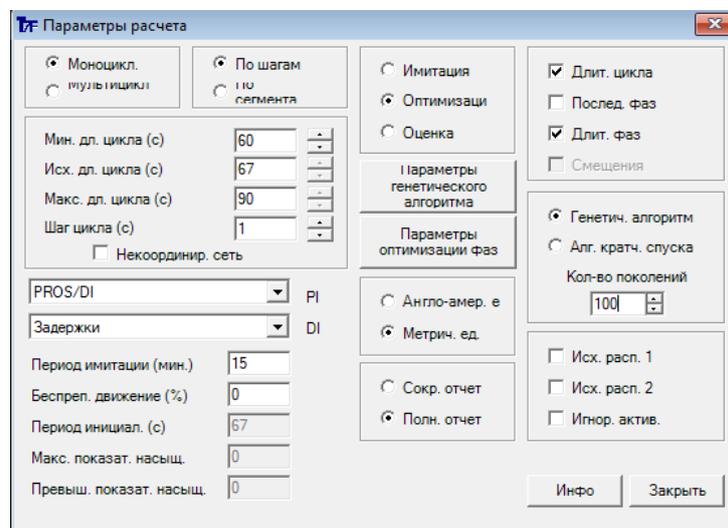


Figure 10 – "Calculation Parameters Optimization" window

Системные характеристики : для всех узлов

Основные показатели	единицы	Системное значение
Полн. пробег	а-мл/ч	211
Время полн. пробега	а-ч/ч	8
Полн. стан. з-жка	а-ч/ч	4
Полн. случ. з-жка	а-ч/ч	1
Общая з-жка	а-ч/ч	5
Сред. з-жка	сек/а	19.5
З-жка пассажр.	рах-а/ч	6
Станд. ост-ки:	а/ч	592
	%	70
Случ. ост-ки:	а/ч	80
	%	9
Полн. ост-ки:	а/ч	672
	%	79
Степ. насыщ. > 1	# Сегменты	0
Удлин. оч-ди	# Сегменты	0
Время в пробке	%	0
Длина периода	сек	900
Сист. Ск-сть	mph	26.1
Расх. Топл.	гал/ч	24
Опер. затраты	\$/ч	233
Индекс невыгодности	DI	4.6
Индекс эф-сти	Thru/DI	756.6

Figure 11 – Result of work in the TRANSYT program “Optimization”

Similar calculations in the program were carried out for each time period, the results are given in table 1.

Table 1 – Delays of vehicles with existing and proposed regulation

Time period	Existing delays, s/a	Delays in the implementation of the pedestrian phase, s/a
07:00-08:00	22,5	19,1
09:00-10:00	17,1	15,4
11:00-12:00	17,0	14,8
13:00-14:00	17,0	14,2
15:00-16:00	18,2	15
17:00-18:00	22,9	19,8
19:00-20:00	18,3	16,3
Average	19,0	16,4

Thus, as a result of the introduction of an additional pedestrian phase, the average delays of vehicles will change by 14% from 19.0 s to 16.4 s.

As a result of the calculations, a new traffic light control diagram was proposed, as well as a phased passing scheme with the organization of a separate pedestrian phase (figures 12, 13).

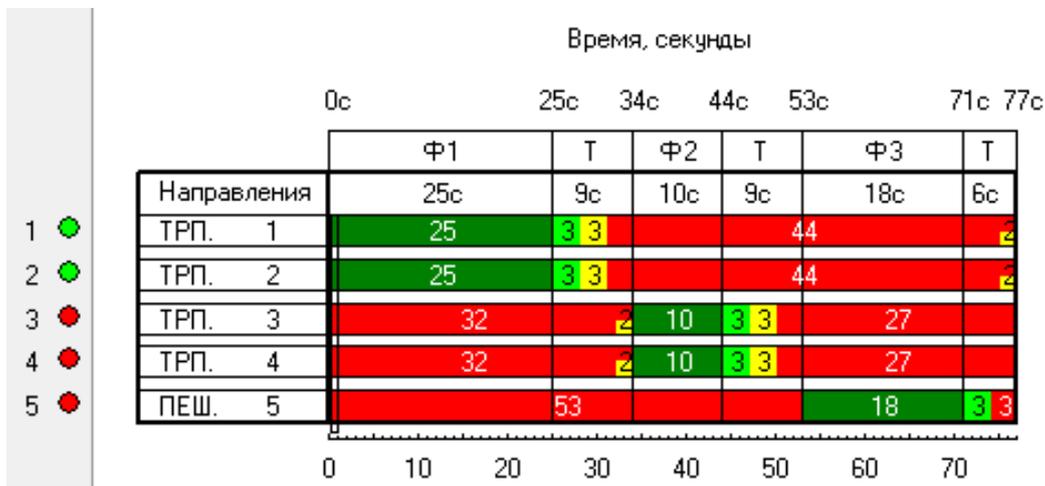


Figure 12 – Proposed traffic light control diagram

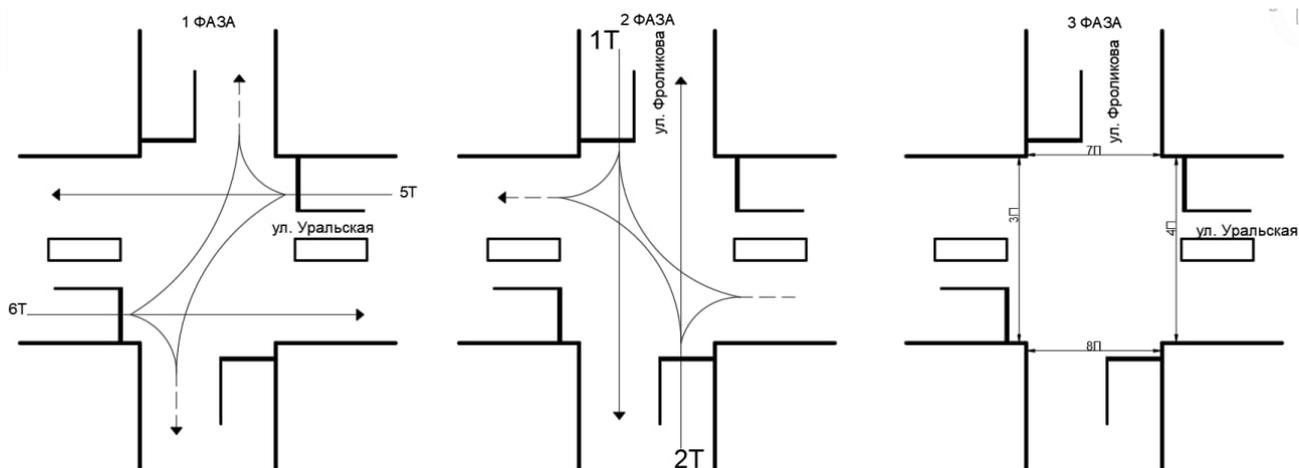


Figure 13 – Proposed scheme of phased passing

Table 2 shows the results of calculating the total delays for the existing and proposed control options.

Table 2 – Results of calculating delays

Time	Existing regulation, transport delays, sec.	Proposed regulation, transport delays, sec.	Effect, %	Existing regulation, pedestrian delays, sec.	Proposed regulation, pedestrian delays, sec.	Effect, %
07:00-08:00	18544,0	17669,4	5	5830,9	5904,8	-1
09:00-10:00	16205,2	14123,3	13	5508,1	5649,3	-3
11:00-12:00	16489,2	14506,4	12	4206,8	4061,8	3
13:00-14:00	17959,8	16635,6	7	5988,8	5822,4	3
15:00-16:00	15315,3	13387,5	13	5488,9	5622,8	-2
17:00-18:00	25600,4	22785,8	11	6858,5	6835,7	0
19:00-20:00	12840,7	12254,3	5	4166,5	4289,0	-3
Среднее	17564,9	15908,9	9	5830,9	5654,2	3

Thus, based on the analysis of the data in Table 2, the introduction of a separate pedestrian phase will reduce traffic delays by an average of 9%, and pedestrian delays by an average of 3%.

Thus, to increase the level of road safety in accidents between pedestrians and turning vehicles at controlled intersections with intense pedestrian traffic, the introduction of separate pedestrian phases is a fairly effective measure. However, in the event of design flaws or errors in the implementation of such a project, the number of collisions with pedestrians may, on the contrary, increase.

References

1. Arterylite / Arterylite: a unique tool for optimizing the operating modes of traffic lights. – 2024. – URL: <http://www.arterylite.ru> (date of access: 23.04.2024).

УМНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ: ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Чары Акмырадов, преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан, gowher-2020@mail.ru

Акнабат Аннаева, преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан

Гозел Сейидова, преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан

Огулджахан Тячмухаммедова преподаватель, Государственный энергетический институт Туркменистана, Мары, Туркменистан

Реферат

Цель настоящей работы состоит в выявлении ключевых аспектов и отличительных характеристик концепции «умной специализации» на основе исследования современного состояния и исходных предпосылок ее становления, а также связи с другими теоретическими направлениями.

Методы. При проведении исследования использовались теоретические положения региональной и пространственной экономики, инновационного развития и экономической географии известных туркменских и зарубежных ученых.

Результаты работы. Установлено, что концепция «умной специализации» внесла существенный вклад в новое политическое видение сбалансированного регионального развития, несмотря на то, что она основана на предшествующих научных направлениях. Показано, как изначально отраслевой подход, посредством использования постулатов экономической географии, трансформировался в территориальную концепцию.

Выводы. Центральная идея «умной специализации» как исследовательского направления содержится в следующих аспектах: во-первых, в обосновании необходимости применения дифференцированной региональной политики для различных типов региональных систем; во-вторых, в научно-практическом обосновании целесообразности подхода «связанной» диверсификации к развитию регионов для стимулирования структурных сдвигов, значимых для формирования экономической динамики; в-третьих, в фокусировке на межрегиональном взаимодействии для обеспечения комплементарности научно-технологического регионального развития.

Ключевые слова: регионального развития, инновационного развития, экономической географии, концепция, регионы, инновация, «умная специализация».

SMART SPECIALIZATION: ORIGIN AND STATE OF THE ART

Abstract

Purpose: is to identify state of the art, key aspects and distinctive characteristics of the smart specialization concept based on a study of the current state and the initial prerequisites for its formation, including linkages with other theoretical approaches.

Methods: theoretical provisions of regional and spatial economics, innovative development,

Results: it was found, that despite the fact that the concept of the smart specialization was based on many previous theoretical approaches, it made a significant contribution to the new political vision of regional development. It is shown how the initially sectoral approach, through the use of the postulates of economic geography, was transformed into the territorial concept.

Conclusions and Relevance: the importance of smart specialization consists of the following aspects. Firstly, substantiating the need for differentiated regional policy for various types of regional innovation systems. Secondly, scientific and practical substantiating the importance of the related diversification approach to regional development to stimulate structural changes that are significant for economic dynamics. Thirdly, focusing on interregional interaction to ensure complementarity of scientific and technological regional development.

Keywords: regional development, innovative development, economic geography, concept, regions, innovation, “Smart specialization”.

Введение

Новая концепция «умной» специализации была представлена в 2009 году экспертной группой «Образование для роста» в европейских странах. Эта концепция связана с созданием рабочих мест и стимулированием экономического роста в регионе. Основная ее цель – выявить конкурентоспособные экономические тенденции в регионе. Эта концепция применяется во многих развитых и развивающихся странах мира и достигает высоких результатов. Она заключается в анализе ситуации с глобального уровня на макроуровень, с макроуровня на микроуровень. Другими словами, анализ должен начинаться с самых мелких единиц региона.

Для того чтобы эта концепция соответствовала стратегии развития региона, проводится анализ на уровне каждой деревни, провинции и района, и для каждого региона разрабатываются отдельные стратегии. Эти анализы проводятся участниками проекта в шесть этапов. На первом этапе изучается потенциал региона для продвижения и развития инноваций. На этом этапе анализируются природные ресурсы и трудовые резервы региона. Второй этап – анализ собранных данных и выявление значимых факторов. На третьем этапе делается общий вывод о будущем региона. На основе собранной информации мы можем определить будущие показатели нашего региона. Четвертый этап – создание целостной политической структуры. Пятый этап – реализация и мониторинг стратегических действий. Шестой этап – оценка стратегии.

На самом деле, есть причина для разработки отдельной стратегии для каждого региона. Это объясняется следующим образом.

Разные регионы имеют свои особенности с точки зрения географического положения, образа жизни и демографических характеристик населения. Можно научно доказать, что «умная» специализация не обусловлена общей стратегией. При анализе районов каждой провинции целесообразнее быть «умным», энерго- и материалосберегающим, «зеленым» и «экологичным» в основном в трех секторах (сельское хозяйство, промышленность и сфера услуг). Конкурентоспособность на основе новых знаний и инноваций Обеспечение экономического

развития на основе совместной работы экономической, социальной и административной сфер, повышение уровня стабильной занятости на основе жизнеспособной экономики станет большой движущей силой.

В нашей стране активно проводятся масштабные реформы, способные обеспечить стабильное развитие на долгие годы. Для ускорения развития экономики выдвигаются новые задачи, основанные на использовании современной техники и передовых технологий, создании инновационных производственных структур и стимулировании инвестиционной деятельности.

Для этих целей реализуются национальные программы, планы, концепции дальнейшего развития страны. Строительство новых образцовых городов, поселков, современных деревень во всех уголках страны свидетельствует о том, что комплексные мероприятия по развитию нашего любимого края развиваются, экономика укрепляется, а уровень жизни населения повышается.

В данной статье представлен отдельный анализ возможностей реализации концепции «умной» специализации в Туркменистане на уровне каждого этрапа, города и района.

Создание и продвижение инноваций, обеспечение их развития, выпуск конкурентоспособной на мировом рынке продукции, создание интеллектуального капитала и подготовка высококвалифицированных кадров составляют основу инновационной политики регионов. Успешная и эффективная реализация этой политики является основой социально-экономического развития страны. Различия в уровне социально-экономического развития регионов являются главной проблемой экономической политики. Для того чтобы добиться предельного роста, необходимо начать с анализа тех аспектов, которые приводят к неравенству в региональном развитии. Основные факторы, влияющие на развитие, условно делятся на объективные (уровень экономики, структура, географическое положение и степень специализации региона) и субъективные (деловая активность населения, поддержка властей, миграционные потоки и т. д.). При анализе развития регионов в качестве «базовых» показателей следует определить состав, структуру и влияние измерений и индикаторов.

Геостратегическое положение страны, ее политика и безопасность являются основными показателями уровня развития. Основное внимание в региональном развитии уделяется жизненным показателям, которые могут повысить уровень жизни населения. Главная цель политики регионального развития – обеспечить равное развитие независимо от местоположения, климата, истории развития и ресурсов. Согласно исследованиям Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), близость границ и влияние региональных аспектов играют важную роль в создании знаний и их трансформации в инновационный продукт, то есть позволяют добиться наиболее положительных результатов. Этого можно достичь, если участники инновационной деятельности находятся в радиусе около 200 километров. Однако инновационная деятельность регионов характеризуется значительным неравенством в распределении научного потенциала и региональной спецификой.

Например, в США две трети расходов на исследования и разработки (НИОКР) приходится на 10 штатов, а в 10 % регионов Европейского союза сосредоточено 58 % патентных заявок, 30 % расходов на исследования и 25 %

высококвалифицированной рабочей силы. Однако инновационная деятельность для развития региона не может характеризоваться только научным лидерством, поскольку инновационный бизнес – это многогранное явление, включающее в себя социальные и жизненные процессы, культурные и творческие индустрии, а также деятельность по разработке и развитию новых стандартов ведения бизнеса.

Сегодня одним из главных показателей, определяющих конкурентоспособность региона, является не его размер, а способность его экономики находить свои уникальные черты и особенности, создавать на их основе инновации и представлять их на мировом рынке. Поэтому построение инновационной экономической системы страны должно представлять собой инновационную политику, основанную на особенностях каждого региона и тех преимуществах, которые отличают его от других регионов.

В условиях международной глобальной конкуренции отсталые регионы пытаются напрямую повторить и скопировать «модель» создания и внедрения инноваций, следуя «сильному развитию» социально-экономически развитых регионов. Повторяющиеся «стандарты роста» оказываются неудачными и неустойчивыми, поскольку не учитывают сильные и слабые стороны, возможности и угрозы региона. Поэтому для решения задачи «не повторять других» была создана программа «умной» специализации регионов.

«Умная специализация» – это программа, направленная на развитие региона на основе его природных и сырьевых ресурсов, экологических и климатических особенностей, человеческого капитала, всех преимуществ, которые отличают его от других регионов, и инновационных технологий в этих областях. Умное зонирование основано на сотрудничестве предпринимателей, государственных структур и образовательных учреждений, а такой симбиоз – основа любой инновационной экономики. Вклад каждого учреждения является решающим в процессе бизнес-инноваций, то есть на первом этапе при создании знаний университет работает с властью, затем при передаче знаний университет работает вместе с бизнес-сообществом, а затем результат (продукт и товар и/или услуга) является результатом партнерства бизнес-сообщества и рыночной (внутренней и/или внешней) власти.

Если в региональном регионе отсутствует какое-либо звено этой цепи, то функции одного из них приходится выполнять другому, что не обеспечивает полноценного инновационного развития. Поэтому в данной работе специально анализируется возможность реализации концепции «умной» специализации в Туркменистане на уровне каждого этрапа, города и этрапа. Образовательные учреждения. Для создания активного человеческого капитала в Туркменистане проводится большая работа в системе национального образования, в развитии высшего образования и науки, в выведении их на мировой уровень. В целях повышения качества и эффективности образования по всей стране в систему образования внедряются современные информационно-коммуникационные технологии, средние и высшие учебные заведения оснащаются компьютерами, мультимедийным оборудованием, ведется большая работа по организации детских садов и подготовительных школ. В 2023 году в высшие учебные заведения страны было принято около 15 000 студентов, в средние профессиональные учебные заведения – более 10 000.

По случаю Дня образования и студенческой молодежи были открыты 7 средних школ и 5 детских садов. В результате модернизации сферы образования были внесены существенные изменения в образовательный устав школ. В связи с этим в базовые курсы были включены основы экономики, культурное наследие Туркменистана, мировая культура, дизайн и графика, информация и коммуникации, инновационные технологии. Еще одним важным шагом в этом направлении стало решение не увеличивать количество иностранных языков, изучаемых школьниками. Были открыты школы с углубленным изучением английского, французского, немецкого и японского языков.

Производственные возможности и предпринимательство. В Туркменистане, как и в других странах, производственная устойчивость экономической организации в целом определяется стабильностью промышленного производства, производства товаров народного потребления и сельскохозяйственной продукции. Развитие частного сектора в национальной экономике, повышение его роли за счет широкого внедрения современных рыночных методов, поддержка коммерческих предприятий – одно из приоритетных направлений жизнеутверждающей политики государства. Более половины населения Туркменистана работает в частном секторе.

Эти меры реализуются в рамках «Государственной программы поддержки малого и среднего предпринимательства в Туркменистане на 2018–2024 годы». Согласно Программе, на основании Постановления Президента Туркменистана № 12890 от 6 марта 2013 года «О финансовой поддержке производителей сельскохозяйственной продукции в стране», создаются благоприятные возможности для реализации масштабных проектов, ассоциациям и хозяйствам фермеров, сельскохозяйственным акционерным обществам, землевладельцам, банкам, арендаторам, научно-исследовательским институтам сельского хозяйства, частным предпринимателям - производителям сельскохозяйственной продукции и негосударственным юридическим лицам разрешено выдавать кредиты под процентную ставку 1 % годовых. Эти средства направляются на приобретение сельскохозяйственной техники, инвентаря, оборудования и приспособлений, водосберегающего оборудования и труб, используемых в орошении, из расчета 10-летнего срока пользования при условии возврата их равными долями. ежегодно. Кроме того, предоставляются кредиты с процентной ставкой 5 процентов годовых на финансирование инвестиционных проектов, связанных с развитием животноводства и птицеводства, производством сельскохозяйственной продукции, ее переработкой и оказанием услуг, а также на приобретение основных средств и активов. Он имеет право предоставлять кредиты сроком на 10 лет при условии их ежегодного погашения равными долями.

Доходы частных предприятий в Туркменистане растут с каждым годом. Это важный показатель для граждан, которые хотят заниматься бизнесом. В Туркменистане существует достаточная законодательная база для развития предпринимательства. К ним относятся законы: «О предпринимательстве», «О государственной поддержке малого и среднего бизнеса», «О предприятиях», «О дайханских объединениях», «О дайханском хозяйстве», «О свободных экономических зонах», «О собственности», «О разгосударствлении и

приватизации государственного имущества», «Об аренде», «Об акционерных обществах», «О залоге», «О банкротстве», «О кредитных союзах», «О кредитных учреждениях и банковской деятельности», «Об инвестиционной деятельности в Туркменистане», «Об иностранных инвестициях в Туркменистане», «О лизинге», «Об углеводородных ресурсах», Налоговый кодекс Туркменистана и другие нормативные акты Туркменистана. Принимая эти законы, государство решает несколько важных задач, поддерживая промышленный сектор, то есть позволяет населению создавать рабочие места собственными силами, тем самым повышая занятость и доходы людей, гарантируя стабильность социальной жизни и создавая новые рабочие места. В государственном секторе экономики это позволяет сократить средства из государственного бюджета, а в странах с рыночной экономикой – перейти к рыночным реформам через развитие малого и среднего бизнеса. Это важные показатели, характеризующие постоянное укрепление экономической мощи страны. Власть является сильным звеном в этой цепи и выступает в качестве основного направляющего и регулирующего органа.

В последние годы в Туркменистане ведется эффективная работа по укреплению национальной правовой базы для развития экономической торговли, ведь, как отметил Президент Азербайджанской Республики, региональная политика должна основываться на правовых принципах и соответствовать предъявляемым требованиям. В целях защиты жизни общества, а также экономической безопасности и стабильности была проведена работа, разработан и принят ряд новых законов в этой сфере. Законы Туркменистана «Об изобретениях и промышленных образцах», «О торговом кодексе и морском судоходстве», «О товарных знаках», «О наименованиях мест происхождения товаров», «О государственной поддержке малого и среднего предпринимательства», «О телекоммуникациях», «О предприятиях», «Об инновационной деятельности», «Об инвестиционной деятельности в Туркменистане» регулируют вопросы, возникающие в хозяйственной жизни, и определяют правовые основы частного предпринимательства. Эти разработанные законы во многом помогают физическим и юридическим лицам Туркменистана регулировать свою деятельность, представлять свои бренды на внутреннем и внешнем рынках, знать свои права и заниматься предпринимательством, создавать инновации и инвестировать в инновации, предотвращать спорные ситуации.

Заключение

В результате исследований выявляются основные направления, т. е. экономические показатели. Необходимо разработать стратегии, направленные на повышение конкурентных преимуществ региона. Также имеет смысл разрабатывать стратегии для каждого региона отдельно. Таким образом, проанализировав основные составляющие инновационной экономики, мы видим, что национальная экономика делает уверенные шаги в сторону устойчивого развития и имеет все условия для «умной» специализации.

Список цитированных источников

1. Гамидуллаева, Л. А. Умная специализация: происхождение и современное состояние // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2024. – Т. 15. – №. 1. – С. 166–184.

2. Шерстнева, О. М. Концепция "умной специализации" как направление повышения конкурентоспособности регионов / О. М. Шерстнева // Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования : сб. науч. статей XVIII Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. памяти профессора С. А. Пелиха, Минск, 19 апр. 2024 г. / АУПРБ. – Минск, 2024. – С. 403–407.

3. Гамидуллаева, Л. А. Подход к определению «умной специализации» регионов с использованием технологии больших данных / Л. А. Гамидуллаева, А. А. Ворновская // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17. – №. 2. – С. 67–85.

4. Леонидова, Е. Г. Развитие перспективных экономических специализаций как условие роста региональной экономики / Е. Г. Леонидова // *Регионология*. – 2024. – Т. 32. – № 3.

References

1. Gamidullaeva L. A. Umnaya specializaciya: proiskhozhdenie i sovremennoe sostoyanie // *MIR (Modernizaciya. Innovacii. Razvitie)*. – 2024. – Т. 15. – №. 1. – S. 166-184.

2. SHERstneva O. M. "Konceptsiya" umnoj specializacii" kak napravlenie povysheniya konkurentosposobnosti regionov. – 2024.

3. Gamidullaeva L. A., Vornovskaya A. A. Podhod k opredeleniyu «umnoj specializacii» regionov s ispol'zovaniem tekhnologii bol'shih dannyh // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17. – №. 2. – S. 67-85.

4. Leonidova E. G. Razvitie perspektivnyh ekonomicheskikh specializacij kak uslovie rosta regional'noj ekonomiki // *Regionologiya*. – 2024. – Т. 32. – №. 3

СЕКЦИЯ 5
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА И ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

УДК

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕРТОРОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

*Абдыкадырова О. Н., старший преподаватель,
заведующий кафедрой электромеханики, государственный энергетический
институт Туркменистана, Мары Туркменистан*

*Гурбанмырадов Ю. А., преподаватель кафедры высшей математики,
государственный энергетический институт Туркменистана,*

*Келова Ш. Н., лаборант кафедры электромеханики, государственный
энергетический институт Туркменистана, Мары Туркменистан*

Реферат

В данной статье анализируются технологии повышения эффективности инверторов, используемых в альтернативных источниках энергии. Подробно описаны эффекты использования параллельных инверторов для улучшения качества электроэнергии и обеспечения стабильности напряжения. Обсуждаются связанные вопросы, со снижением гармонических искажений, фазовая синхронизация и надежность инверторов.

Ключевые слова: Альтернативная энергетика, инверторы, параллельное соединение, стабильность напряжения, гармонические искажения, фазовая синхронизация, качество электроэнергии, КПД.

INVERTER EFFICIENCY IMPROVEMENT
TECHNOLOGY USED IN ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

Abstract

This paper analyzes technologies for improving the efficiency of inverters used in alternative energy sources. The effects of using parallel inverters to improve power quality and voltage stability are detailed. Issues such as harmonic distortion reduction, phase synchronization and inverter reliability are discussed.

Keywords: Alternative energy, inverters, parallel connection, voltage stability, harmonic distortion, phase synchronization, power quality, efficiency.

Введение

Альтернативные источники энергии играют важную роль в удовлетворении энергетических потребностей постоянно растущего мира. Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая, биомасса и геотермальная энергии, являются экологически чистыми источниками энергии. В использующих возобновляемые источники энергии энергосистемах инверторы являются одной из ключевых технологий управления питанием.

Инверторы служат для преобразования генерируемого постоянного тока в переменный ток, используемый в обычных энергосистемах. В данной статье представлен подробный анализ современных технологий, используемых для повышения эффективности инверторов, используемых в системах альтернативной энергетики. Повышение эффективности инверторов напрямую связано с сокращением потерь энергии, снижением затрат на электроэнергию и улучшением общего преобразования энергии.

1. Инверторы и их роль в альтернативной энергетике. Постоянный ток, генерируемый из альтернативных источников энергии, не может напрямую использоваться энергосистемами. Это связано с тем, что общая энергосистема работает на переменном токе. Таким образом, инверторы являются важными устройствами для преобразования постоянного тока в переменный. Инверторы являются особо важными компонентами в использовании возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветряные турбины. Они гарантируют полную совместимость вырабатываемой энергии с системой переменного тока.

Инверторы, в первую очередь, предназначены для достижения высокой эффективности преобразования. Количество потерь, возникающих при преобразовании энергии, и правильное распределение мощности определяют качество и эффективность инвертора. В процессе преобразования энергии инверторы вызывают потери энергии в виде тепла, что приводит к снижению эффективности. Поэтому основная цель в современных инверторных технологиях – осуществить преобразование энергии с минимальными потерями.

2. Основное направление повышения эффективности инверторов – технологическая инновация и модернизация инверторных конструкций, которая играет важную роль в повышении эффективности инверторов. В этой области используется несколько основных подходов, влияющих на эксплуатационные характеристики инверторов.

а) многофазные инверторы – они достигают более высокой эффективности за счет подключения нескольких преобразователей постоянного и переменного тока в единую систему. Это решение предотвращает попадание общей нагрузки на один инвертор, обеспечивая широкое использование инвертора. В результате каждый инвертор работает в оптимальных условиях эксплуатации, а процесс преобразования энергии направляется в соответствии с требуемой нагрузкой;

б) параллельное подключение инверторов – параллельное соединение инверторов обеспечивает стабильность системы преобразования энергии. Параллельные инверторы обеспечивают более стабильную работу каждого инвертора при равномерном распределении общей мощности. Этот метод не только снижает потери энергии, но и повышает производительность системы;

в) новые высокоэффективные модули, – развитием инверторной технологии стали широко использоваться более эффективные модули, а именно транзисторы и элементы IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Технология IGBT помогает снизить потери мощности и улучшить управление при высокочастотном преобразовании.

г) микроинверторные системы – микроинверторы могут быть подключены к каждой солнечной панели отдельно и преобразовывать энергию, получаемую

каждой панелью отдельно. Эта технология позволяет отдельным панелям работать с максимальной эффективностью, не влияя на производительность других панелей даже в случае затенения или другого воздействия. Микроинверторы широко используются, особенно в небольших системах и гибридных энергосистемах.

д) алгоритмы интеллектуального управления – для инверторов используются алгоритмы интеллектуального управления нового поколения, эти алгоритмы позволяют достичь максимальной эффективности за счет регулировки потока энергии в соответствии с требованиями системы. В то время как традиционные инверторы выполняют только преобразование энергии, современные интеллектуальные инверторы обеспечивают распределение нагрузки, снижение потерь и оптимизацию производства в зависимости от состояния системы.

3. Технологическое направление развития инверторов.

С развитием технологий в общей конструкции инверторов также появились некоторые серьезные изменения. Эти изменения улучшили производительность и эффективность инверторов. Сегодня производители инверторов разрабатывают несколько новых решений.

а) инверторы для возобновляемых источников энергии – инверторы разрабатываются для частных гибридных энергетических систем. Эти инверторы эффективно управляют энергией из таких источников как солнечная энергия, энергия ветра и батареи. Такие инверторы предназначены для управления потоком энергии между всеми источниками и предотвращения потерь;

б) интеграция с системами управления – интеграция инверторов в системы управления и системы SCADA (диспетчерского управления и сбора данных) позволяет более эффективно управлять энергосистемой. Такая интеграция повышает общую эффективность системы за счет более точного контроля и управления потоками энергии;

в) Годовые системы управления – тепло, выделяемое при работе инверторов, снижает эффективность преобразования. В новых тенденциях техники разрабатываются конструкции инверторов с пониженным тепловыделением. Потери тепла можно минимизировать за счет использования более совершенных систем охлаждения.

4. Преимущества оптимизации эффективности инвертора.

Повышение эффективности инверторов дает несколько важных преимуществ.

- Улучшенное преобразование энергии – потери энергии при преобразовании энергии уменьшаются, что повышает общую эффективность инвертора.

- Сокращение затрат – в долгосрочной перспективе затраты на электроэнергию снижаются по мере уменьшения потерь энергии.

- Экологичное производство – более эффективные инверторы помогают более эффективно использовать энергетические ресурсы и увеличить использование экологически чистой энергии.

- Продленный срок службы приборов – высокоэффективные инверторы не только повышают энергоэффективность, но и обеспечивают длительную работу приборов.

5. Параллельное подключение инверторов.

Параллельное соединение инверторов может повысить надежность системы за счет увеличения общей мощности и предполагает подключение нескольких инверторов к одной системе. Основные положительные моменты.

- Включение питания – позволяет отключать питание нескольких инверторов, что особенно важно для крупных солнечных устройств.
- Распределение нагрузки – снижает нагрузку на каждый инвертор, что может продлить срок службы оборудования.
- Допуск нестабильности – если один инвертор работает нестабильно, остальные продолжают работу, повышая надежность всей системы.

6. Влияние на качество электроэнергии.

Качество электроэнергии определяется такими параметрами, как напряжение, частота и гармоники. Параллельное подключение инверторов может положительно повлиять на следующие показатели:

- стабильность напряжения – параллельно подключенные инверторы могут обеспечить более стабильное выходное напряжение при распределенной нагрузке;
- снижение гармоник – современные инверторы оснащены фильтрами, снижающими уровень гармонических искажений. При параллельном соединении их эффект может быть увеличен;
- синхронизация – современные инверторы могут синхронизировать работу, что помогает избежать проблем, связанных с колебаниями частоты и напряжения.

7. Преимущества и недостатки.

Преимущества:

- повышение надежности и стабильности системы;
- улучшение качества электроэнергии;
- возможность масштабирования системы.

Недостатки:

- сложность конструкции и монтажа;
- необходимость управления более сложной системой;
- проблемы с согласованием выходных характеристик инверторов.

Роль параллельных инверторов в повышении эффективности важна и широко используется в энергосистемах, особенно в альтернативных источниках энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Этот подход имеет несколько ключевых преимуществ, которые могут оказать существенное влияние на общую эффективность системы.

Влияние параллельного подключения инверторов на эффективность.

Надежность и стабильность в условиях неисправности. Параллельное подключение инверторов значительно повышает надежность системы. Если один инвертор выйдет из строя, другие инверторы смогут поддерживать работу системы. Это особенно важно в крупных и нестабильных энергосистемах, поскольку позволяет продолжать производство энергии без сбоев системы.

Равное распределение нагрузки между инверторами.

При параллельном подключении общая нагрузка распределяется поровну между инверторами. Это позволяет каждому инвертору работать более эффективно и стабильно. В этом случае каждый инвертор находится в наилучших рабочих условиях, что позволяет снизить потери энергии и повысить общую эффективность. Работа инверторов с равномерно распределенной нагрузкой снижает их нагрев, что снижает потери энергии.

Продление срока службы устройства.

За счет параллельного подключения нагрузка инверторов распределяется равномерно, что увеличивает их способность работать в течение более длительного периода времени.

Масштабируемость системы.

Параллельные инверторные системы более удобны для увеличения мощности за счет добавления новых инверторов в систему в любое время по мере необходимости. Такой подход повышает модульность системы и делает ее гибкой по требованию.

Снижает потери энергии при работе с низкими нагрузками.

Работа инвертора на низкой мощности снижает эффективность. В параллельной инверторной системе можно включать некоторые инверторы и временно отключать другие, когда используемая мощность низкая. Это гарантирует, что каждый инвертор работает с максимальной эффективностью.

Оптимизация управления питанием.

Параллельные инверторные системы работают в зависимости от частоты или потребности в энергии, что позволяет каждой из них работать в оптимальных условиях. Благодаря таким алгоритмам управления каждый инвертор оптимально преобразует энергию, что повышает эффективность.

Сокращение потерь мощности системы на больших расстояниях.

Параллельное соединение инверторов снижает потери в кабеле и повышает общую эффективность передачи энергии. Это может быть особенно полезно при передаче энергии на большие расстояния в больших системах.

Несмотря на множество преимуществ параллельного подключения инверторов, есть и некоторые недостатки.

- **Задача синхронизации** – если инверторы работают параллельно, необходимо обеспечить синхронизацию и выравнивание фаз между ними. Неправильная синхронизация может привести к нестабильности системы и искажениям формы сигналов.

- **Аппаратное обеспечение и мощность.** Параллельные инверторные системы требуют большего количества аппаратного обеспечения, что может увеличить первоначальные финансовые затраты. Однако в долгосрочной перспективе повышение эффективности и надежности может компенсировать эти затраты.

- **Сложность управления.** Управление параллельными системами может быть более сложным, поскольку требуется синхронная работа разных инверторов и правильное распределение нагрузки. Система также требует отдельного мониторинга для каждого инвертора.

- **Электромагнитные помехи (EMI).** Параллельно работающие инверторы могут вызывать электромагнитные помехи. Решения этой проблемы необходимо учитывать во время планирования системы и работы над проектом.

В этой статье для интеграции солнечной энергии в высоковольтную систему использовались модели с одним инверторным трансформатором и с двумя параллельно соединенными инверторными трансформаторами, а также исследовались их эффективность, надежность и влияние на качество электроэнергии.

Для этого были использованы полная мощность и напряжение из паспортных данных трансформатора. С использованием этих параметров в программе Matlab персонального компьютера была построена электрическая модель

экспериментальной установки, электрическая схема которой представлена на рисунке 1.

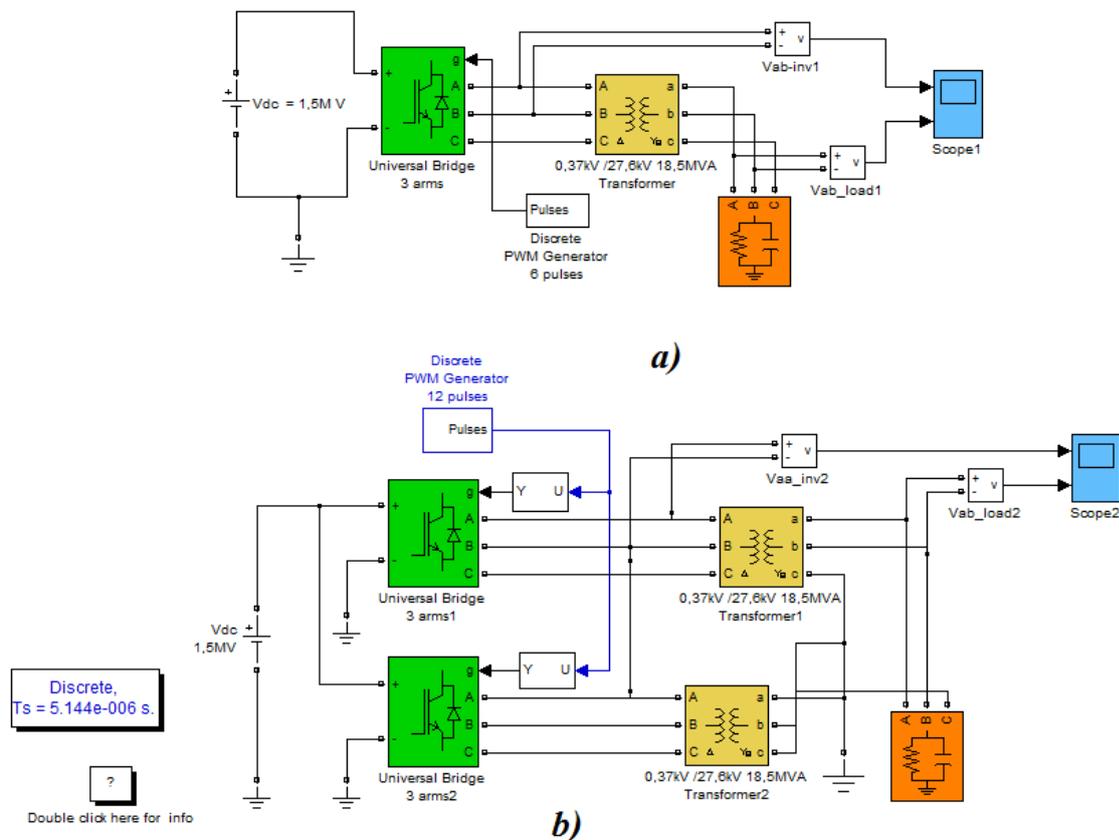


Рисунок 1 – Принципиальная схема электрической модели эксперимента по солнечной энергетике с использованием одного (а) и двух (б) параллельно соединенных инверторов и трансформаторов

Результаты, полученные при запуске системы с одним инвертором (а) и системы с двумя параллельно подключенными инверторами (б), показаны на рисунке 2.

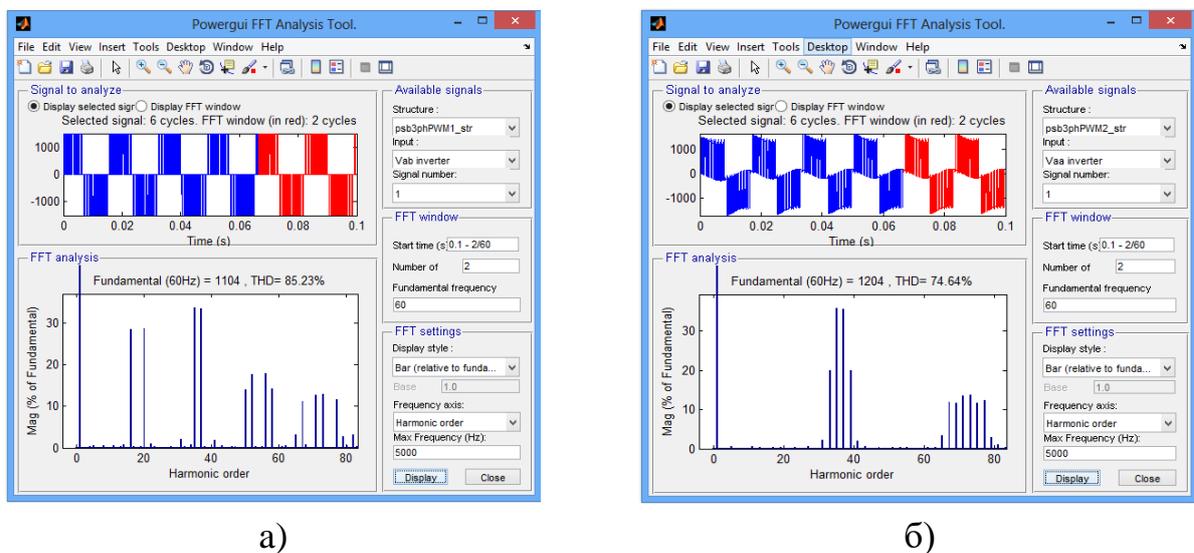


Рисунок 2 – Окно анализа, показывающее влияние одного (а) и двух параллельно подключенных инверторов (б) на гармонический ток

Как видно из рисунка, коэффициент гармоник напряжения в солнечной системе с одним инвертором (а) составляет THD = 85,23 %, а в солнечной системе с двумя параллельно включенными инверторами (б) THD. = 74,64 %. В результате повышается стабильность напряжения и повышается качество электроэнергии в параллельно подключенной инверторной системе.

Кроме того, в модели, представленной на рисунке 1, были измерены величины выходных напряжений в обеих системах при разных значениях постоянного напряжения. Полученные значения показаны в таблице 1 (постоянное напряжение: 1,3 МВт; 1,4 МВт; 1,5 МВт), а график соответствующих выходных напряжений инвертора и трансформатора показан на рисунке 2.

Таблица 1 – Значения выходного напряжения инвертора и трансформатора

Определение	Постоянного напряжения (МВт)	Инвертора Выходное напряжение (МВт)	Трансформатор Выходное напряжение (МВт)	Параллельных трансформаторов выходное напряжение (МВт)
U	1,3	1,3	63	69
U	1,4	1,4	68	75
U	1,5	1,5	73	80

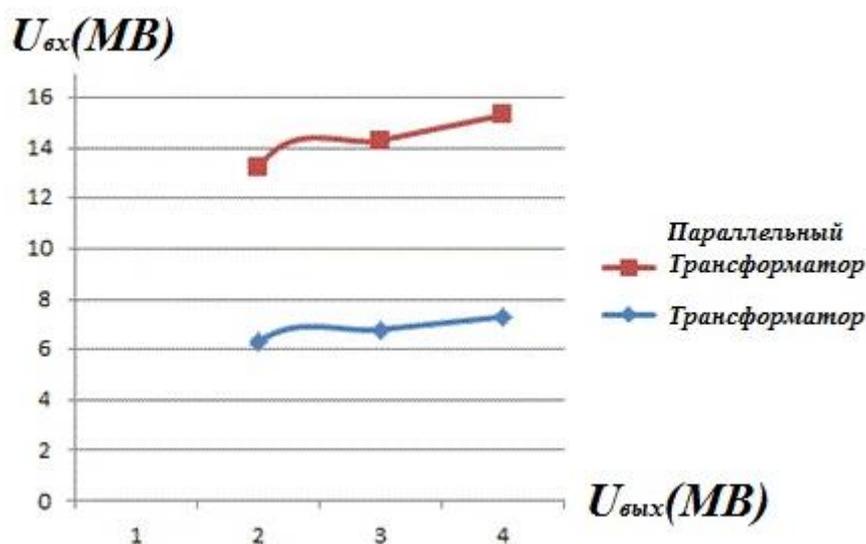


Рисунок 3 – График выходных напряжений одного и двух параллельно включенных трансформаторов

Как видно из полученных графиков, выходная мощность увеличивается в системе с двумя инверторами и трансформаторами, включенными параллельно.

Результаты этих исследований показывают, что добавление солнечной энергии в высоковольтную систему через параллельно подключенные устройства может улучшить стабильность системы, качество электроэнергии, надежность и эффективность.

Заключение

Повышение эффективности инверторов, используемых в альтернативных источниках энергии, является важным шагом в оптимизации процесса преобразования энергии. Параллельно подключенные инверторы обеспечивают стабильность системы, качество напряжения и снижение гармонических искажений. Эта технология повышает надежность энергоснабжения и балансирует распре-

деление электроэнергии, тем самым повышая эффективность производства энергии. Кроме того, предотвращение перегрева и перегрузок способствует длительной и стабильной работе системы.

Параллельное подключение инверторов – один из важных шагов для более эффективного и надежного использования солнечной энергии. Этот метод не только обеспечивает стабильность напряжения и мощности, но и повышает качество процесса преобразования энергии, фазы синхронизируются и электрическая система работает более надежно.

Список цитированных источников

1. Абдыкадырова, О. Гармонические искажения напряжения в солнечной энергетике / О. Абдыкадырова, П. Оразмаммедов // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетике и управления : материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 27–28 апр. 2023 г.: в 2 ч. / М-во образ. Респ. Бел., Гомельский гос. техн. ун-тет им. П. О. Сухого ; пол. общей ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – Ч. 1. – 305 с.

2. Samarasekera, K. Fault Ride-Through Capability of Grid Integrated Solar Power Plants. June 1st, 2015.

3. Треш, А. М. Моделирование солнечных батарей в среде Matlab/Simulink / А. М. Треш. – Минск, 2013.

УДК 624.04(75.8)

О РАСЧЕТАХ ДВУХШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРОК

Н. В. Бочарова, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной механики, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: nati444bonta@gmail.com

В. И. Игнатюк, канд. техн. наук, доцент, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: Viignatiuk@mail.ru

А. А. Никитина, студент 3-го курса, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: saschka5002@gmail.com

Реферат

В статье рассмотрена задача расчета и исследования двухшарнирных круговых арок постоянного сечения, нагруженных снеговыми нагрузками, распределенными по параболической зависимости. Получены выражения внутренних сил в произвольном сечении системы (изгибающих моментов, поперечных и продольных сил) и выражения для определения вертикальных, горизонтальных и полных перемещений сечений.

Вывод зависимостей для усилий выполнен с использованием метода расчета статически неопределимых систем – метода сил, а для определения перемещений используется формула Мора, в которой учитываются все силовые факторы, возникающие в системе.

Разработана методика и алгоритм расчета в среде MathCad. Выполнена численная реализация расчета двухшарнирной арки в программных комплексах

Lira, Scad, SolidWorks.

При подготовке специалиста строительной отрасли по курсу строительной механики ставятся цели и задачи: освоение теоретических основ и прикладных методов расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) сооружений и конструкций, формирование у обучаемых знаний и умений выполнять расчеты сооружений на прочность, жесткость и устойчивость, в том числе с применением компьютерных средств. Поэтому уже сейчас актуально параллельно с получением базовых знаний по строительной механике давать и направление на современные подходы к решению таких задач в программных комплексах, но только как проверка полученного решения. Количество программных комплексов широко известных, мало известных и только появившихся ставит пользователей перед вопросом как быстро, точно и достоверно решить задачу, каким программным инструментом ему воспользоваться и как оценить полученный результат.

Ключевые слова: двухшарнирные круговые арки, снеговые нагрузки, распределенные по параболической зависимости, внутренние силы, перемещения, деформированный вид.

ON THE CALCULATIONS OF DOUBLE-HINGED CIRCULAR ARCHES

N. V. Bocharova, V. I. Ignatyuk, A. A. Nikitina

Abstract

The article considers the problem of calculating and investigating double-hinged circular arches of constant cross-section loaded with snow loads distributed according to a parabolic dependence. Expressions of internal forces in an arbitrary section of the system (bending moments, transverse and longitudinal forces) and expressions for determining vertical, horizontal and total displacements of sections are obtained.

The derivation of dependencies for forces is performed using the method of calculating statically indeterminate systems – the method of forces, and to determine displacements, the Mohr formula is used, which takes into account all force factors arising in the system.

The method and algorithm of calculation in the MathCad environment have been developed. The numerical implementation of the calculation of a double-hinged arch in the software complexes Lira, Sad, and SolidWorks has been performed.

When preparing a specialist in the construction industry for the course of structural mechanics, goals and objectives are set: mastering the theoretical foundations and applied methods for calculating the stress-strain state (VAT) of structures and structures, forming students' knowledge and skills to perform calculations of structures for strength, rigidity and stability, including using computer tools. Therefore, it is already relevant now, in parallel with obtaining basic knowledge of structural mechanics, to give direction to modern approaches to solving such problems in software complexes, but only as a test of the solution obtained. The number of software complexes widely known, little known and just appeared puts users in front of the question of how to quickly, accurately and reliably solve the problem, which software tool to use and how to evaluate the result.

Keywords: double-hinged circular arches, snow loads distributed according to a

parabolic dependence, internal forces, displacements, deformed appearance.

Основная часть

Снеговые нагрузки на покрытия цилиндрической формы с учетом разного сдувания (опадения) снега с зон покрытий с различными углами наклона могут распределяться по параболической зависимости [1, с. 13].

При расчете таких покрытий при их достаточной длине можно рассматривать (вырезать) поперечник небольшого размера (единичной длины), учитывая, что сечение и нагрузки по длине покрытия не изменяются, то есть расчет таких покрытий может быть сведен к расчету арочных систем. Поэтому расчет двухшарнирных арок кругового очертания на действие снеговых нагрузок, распределенных по параболической зависимости актуален и представляет интерес.

Объектом исследования являются двухшарнирные круговые арки постоянного сечения.

Цель работы – получение выражений внутренних сил в сечениях системы и выражений для определения вертикальных и горизонтальных перемещений сечений от снеговых нагрузок, распределенных по параболической зависимости.

В работе рассматриваются двухшарнирные арки кругового очертания постоянной жесткости пролетом l со стрелой подъема f , нагруженные статической вертикальной нагрузкой, распределенной по параболической зависимости (рисунок 1).

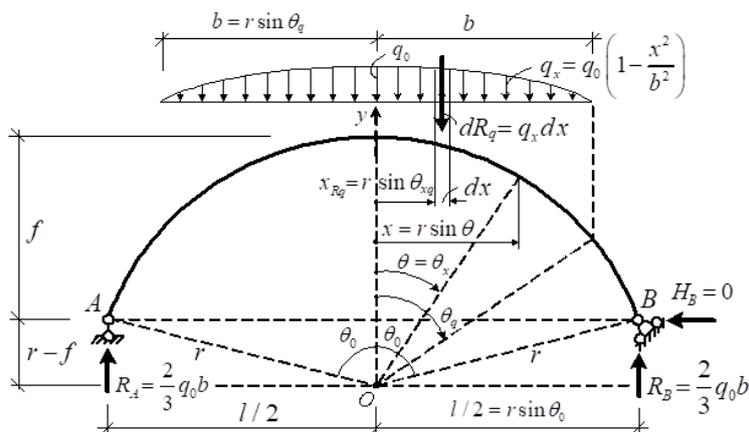


Рисунок 1 – Расчетная схема действия внешней нагрузки на основную систему

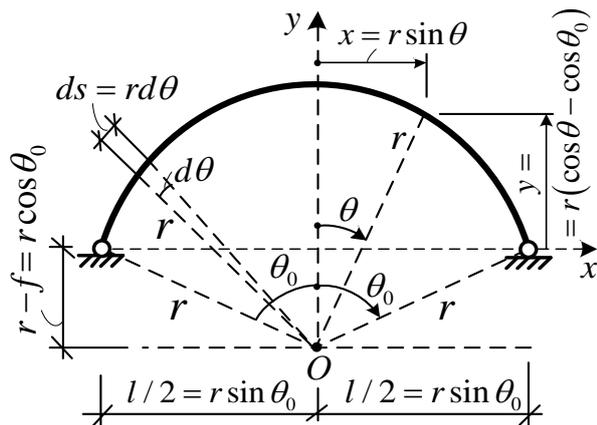
Получим для рассматриваемых арок выражения внутренних сил, позволяющие построить эпюры усилий, а также выражения для определения перемещений точек. Расчет таких арок как статически неопределимых систем выполняется методом сил.

Так как оси рассматриваемых арок изменяются по окружности, интегрирование зависимостей удобно выполнять в полярной системе координат (рисунок 2, а). За полюс принимаем точку в центре окружности (точку O), а в качестве оси, относительно которой будем отсчитывать угол (θ) , ввиду симметричности системы и нагрузки примем вертикальную ось, направленную от полюса вверх. При этом положительным будем считать угол, отсчитываемый по часовой стрелке.

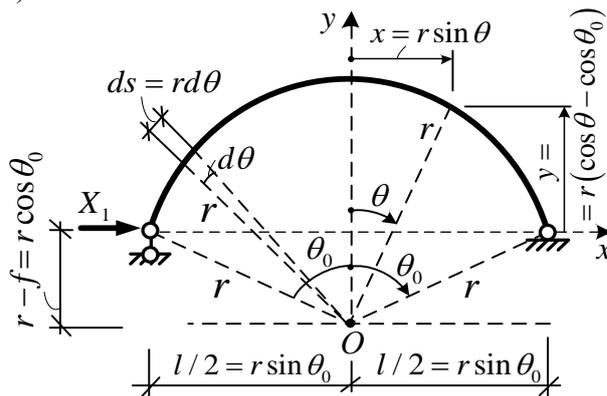
При расчете арки целесообразно использовать упрощения симметрии [2, с. 214]. Основную систему метода сил получим, отбросив левую

горизонтальную связь (рисунок 2, б).

а)



б)



а) система координат; б) основная система метода сил
Рисунок 2 – Параметры для расчета двухшарнирной арки

Каноническое уравнение метода сил записывается в виде [2, с. 218]

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1P} = 0. \quad (1)$$

Выражения для внутренних усилий в сечениях основной системы метода сил (для произвольного сечения x (θ)) от действия единичного неизвестного ($X_1 = 1$) записываются в виде:

$$\bar{M}_1 = -y = -r(\cos \theta - \cos \theta_0); \quad \bar{Q}_1 = \sin \theta; \quad \bar{N}_1 = -\cos \theta. \quad (2)$$

Единичное перемещение δ_{11} (1) вычислим по формуле Мора

$$\delta_{11} = \int_0^s \frac{\bar{M}_1^2 ds}{EJ} + \int_0^s \eta \frac{\bar{Q}_1^2 ds}{GA} + \int_0^s \frac{\bar{N}_1^2 ds}{EA}, \quad (3)$$

где EJ , GA , EA – жесткости сечений арки соответственно на изгиб, сдвиг и растяжение-сжатие; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечений при изгибе.

Грузовое перемещение найдём по формуле Мора вида [2, с. 221]

$$\Delta_{1q} = \Delta_{1q}^M + \Delta_{1q}^Q + \Delta_{1q}^N = \sum \int \frac{\bar{M}_1 M_q ds}{EJ} + \sum \int \eta \frac{\bar{Q}_1 Q_q ds}{GA} + \sum \int \frac{\bar{N}_1 N_q ds}{EA}. \quad (4)$$

Подставляя вычисленные единичное и грузовое перемещения в уравнение (1) и решая его, найдем неизвестное метода сил X_1 .

Зная неизвестное метода сил X_1 , найдем зависимости для внутренних сил в сечениях арки по формулам

$$M_\theta = \bar{M}_{1\theta} \cdot X_1 + M_{q\theta}; \quad Q_\theta = \bar{Q}_{1\theta} \cdot X_1 + Q_{q\theta}; \quad N_\theta = \bar{N}_{1\theta} \cdot X_1 + N_{q\theta}.$$

На основе полученных зависимостей составлены алгоритм (рисунок 4) и *MathCad*-программа расчета внутренних сил в сечениях арки [3, с. 34], с использованием которой можно выполнять расчеты усилий для различных параметров арки и нагрузки. При этом внутренние силы в алгоритме рассматриваются как массивы $M(i)$, $Q(i)$, $N(i)$ при нумерации i от 1 до $n+1$:

$M(1), M(2), M(3), \dots, M(n+1)$.

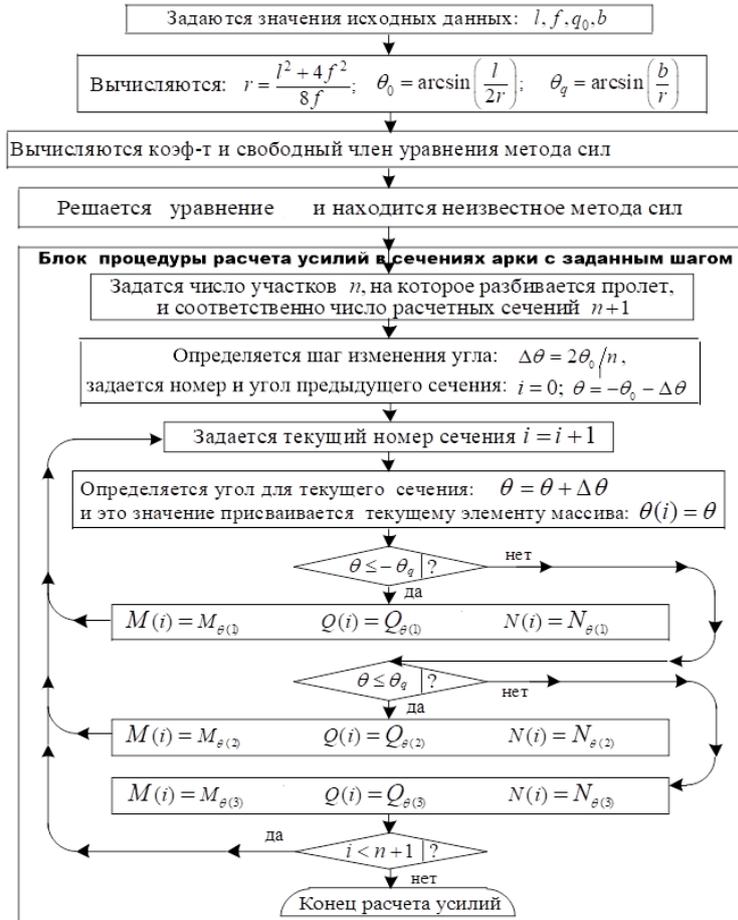
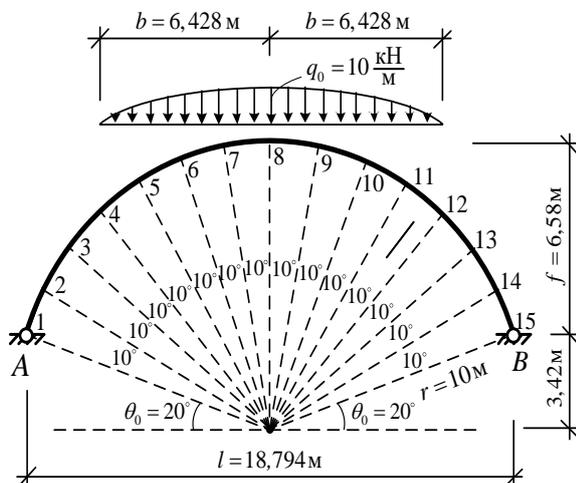


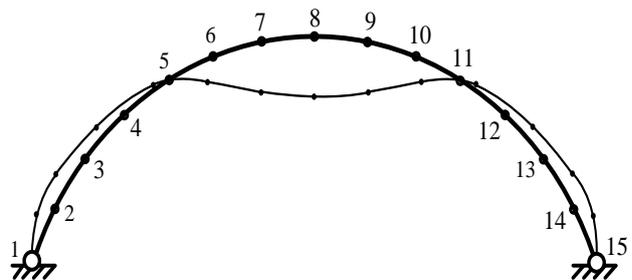
Рисунок 3 – Алгоритм расчета внутренних усилий в сечениях арки

Ниже представлен пример расчета двухшарнирной арки (рисунок 4), имеющей прямоугольное поперечное сечение ($\eta = 1,2$) и постоянную жесткость ($EJ = 1000 \text{ кН}\cdot\text{м}^2$; $GA = 150000 \text{ кН}$; $EA = 400000 \text{ кН}$). Учитывая сложный криволинейный характер изменения усилий по длине арки и невозможностью вычисления усилий во всех сечениях арки выполнять расчет усилий в сечениях арки будем с определенным шагом. Эпюры внутренних усилий для рассматриваемой арки, вычисленные с шагом $\Delta\theta = 10^\circ$ (рисунок 5).

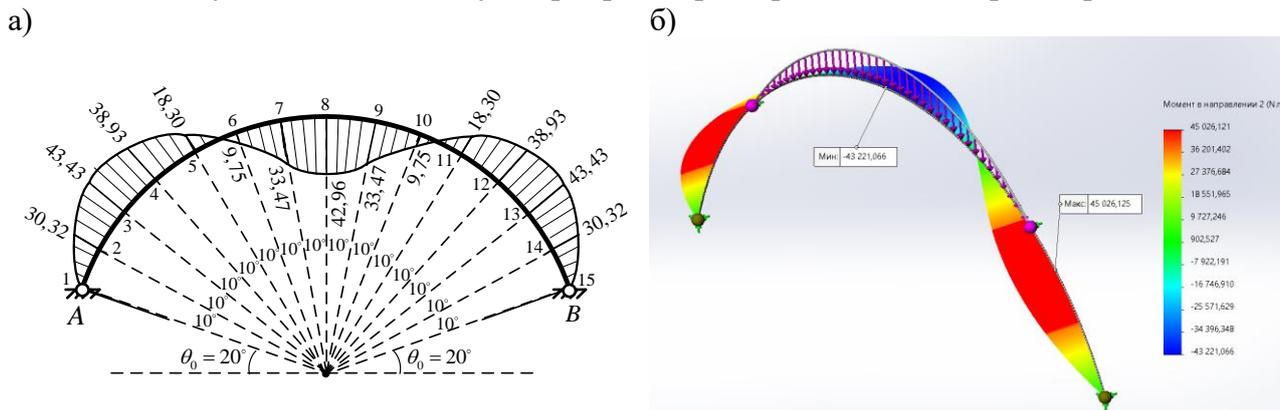
а)



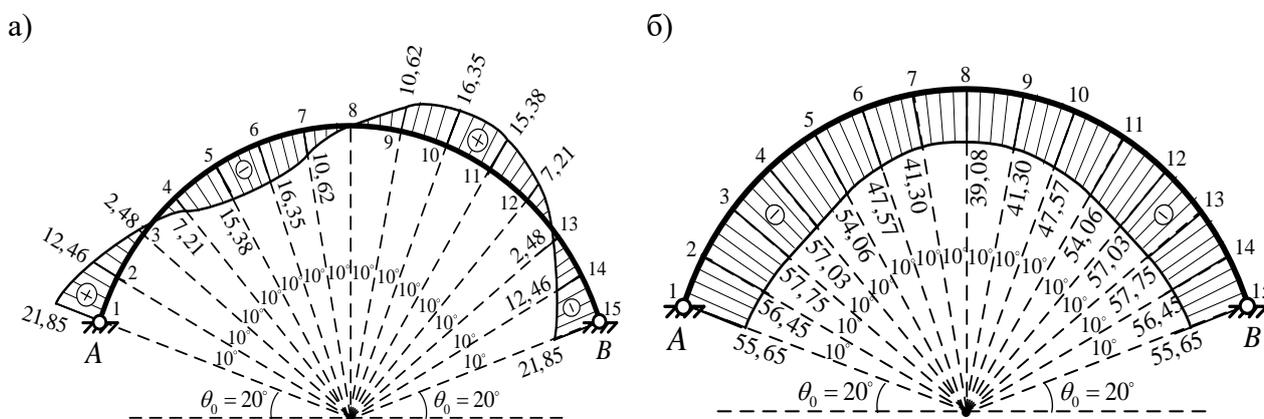
б)



а) пример расчета; б) деформированный вид арки
Рисунок 4 – Расчет двухшарнирной арки при заданных параметрах



а) аналитическое решение; б) результат «M» в SolidWorks
Рисунок 5 – Эпюры изгибающих моментов



а) эпюра продольных сил; б) результат «M» в SolidWorks
Рисунок 5 – Результаты расчета внутренних усилий двухшарнирной арки

Для определения перемещений воспользовались формулой Мора

$$\Delta_{iP} = \sum \int \frac{\bar{M}_i M_P ds}{EJ} + \sum \int \eta \frac{\bar{Q}_i Q_P ds}{GA} + \sum \int \frac{\bar{N}_i N_P ds}{EA}, \quad (5)$$

где M_P , Q_P , N_P – изгибающие моменты, поперечные и продольные силы в системе от действия внешней нагрузки, от которой определяется перемещение;

\bar{M}_i , \bar{Q}_i , \bar{N}_i – изгибающие моменты, поперечные и продольные силы в системе от действия единичной силы, приложенной в точке, для которой определяется перемещение, в направлении искомого перемещения (i -ом).

Для определения полных перемещений найдем вертикальные и горизонтальные перемещения сечений используя формулу Мора. Приложили к точке на оси сечения поочередно вертикальную и горизонтальную единичные силы. От действия этих сил определили опорные реакции и зависимости изменения внутренних сил, которые затем подставили в формулу Мора (5) и, выполнив вычисление интегралов Мора, получили величины искомого перемещений (рис. 4, б).

Статически неопределимую двухшарнирную арку смоделировали в программных комплексах *Lira*, *Scad* и *SolidWorks* и получили внутренние усилия (M , Q , N), которые сравнили с ранее полученными значениями. Процент ошибки в большинстве случаев не превышал в ПК *Lira* – 8 %, в ПК *Scad* – 6 %. Относительная погрешность максимального значения изгибающего момента *SolidWorks* – 3 %, продольного усилия – 7 % и поперечного усилия – 5 %.

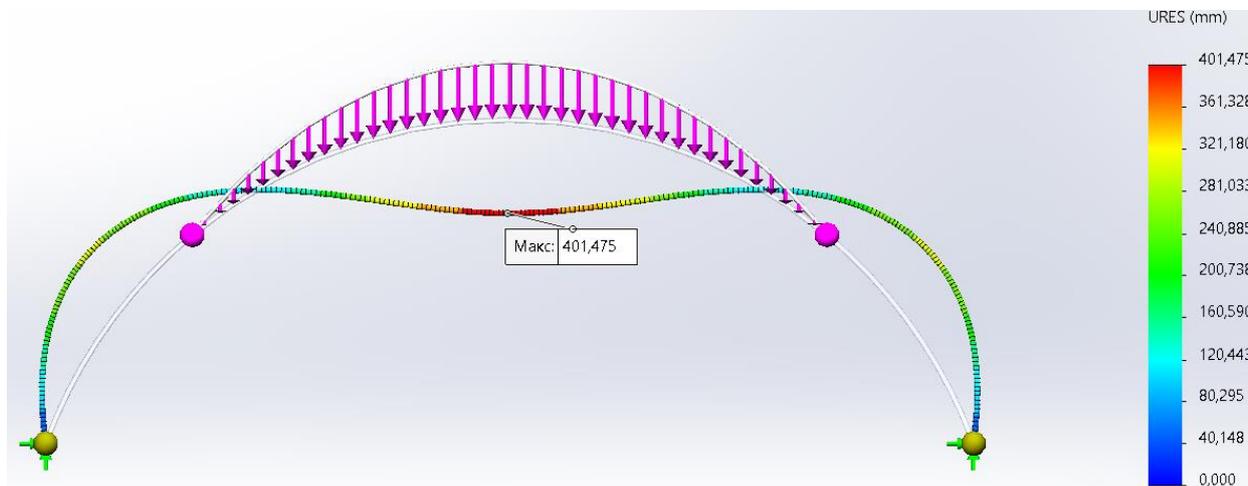


Рисунок 6 – Деформированный вид арки в *SolidWorks*

С помощью программных комплексов получили значения перемещений в сечениях арки (вертикальных, горизонтальных и полных), которые сравнили с полученными ранее значениями аналитическим способом. Процент ошибки в большинстве случаев не превышал в программных комплексах *Lira* – 6 %, в *Scad* – 5 %. Относительная погрешность максимального значения перемещения (сечение 8) в *SolidWorks* составила 7% (рисунок 6).

Заключение

Получены зависимости, которые позволяют определять усилия (изгибающие моменты, поперечные и продольные силы) в сечениях и перемещения сечений для круговых двухшарнирных арок при статическом действии нагрузок, распределенных по параболической зависимости.

Вывод зависимостей для усилий выполнен с использованием метода сил для расчета статически неопределимой системы, а для определения перемещений – формулы Мора, в которой учитываются все силовые факторы, возникающие в системе: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы.

Полученные результаты позволяют более точно выполнять расчеты рассматриваемых двухшарнирных арок на действие снеговых нагрузок, распределенных по параболической зависимости, более глубоко исследовать их работу и выполнить анализ распределения и изменения внутренних сил в системе и деформированного вида арок.

Разработанные методика, алгоритм расчета и компьютерная программа в среде *MathCad* позволяют автоматизировать расчет круговых двухшарнирных арок на снеговые нагрузки, распределенные по параболической зависимости (определение усилий и перемещений), выполнять анализ напряженно-деформированного состояния двухшарнирных арок и выполнять исследования

работы таких сооружений при различных геометрических и жесткостных параметрах систем.

Список цитированных источников

1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: СН 2.01.04- 2019. – Введ. 16.12.2019. Минск : Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 36 с.

2. Строительная механика. Стержневые системы: учебник для вузов / А. Ф. Смирнов, А. В. Александров, Б. Я. Лащенко, Н. Н. Шапошников; под ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1981. – 512 с.

3. Новиковский, Е. А. Учебное пособие «Работа в системе MathCAD» / Е. А. Новиковский. Барнаул: Типография АлтГТУ, 2013. – 114 с.

References

1. Vozdejstvija na konstrukcii. Obshhie vozdejstvija. Snegovye nagruzki: SN 2.01.04- 2019. – Vved. 16.12.2019. Minsk : Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva Resp. Belarus', 2020. – 36 s.

2. Stroitel'naja mehanika. Sterzhnevye sistemy: uchebnik dlja vuzov / A. F. Smirnov, A. V. Aleksandrov, B. Ja. Lashhennikov, N. N. Shaposhnikov; pod red. A. F. Smirnova. – M.: Strojizdat, 1981. – 512 s.

3. Novikovskij, E. A. Uchebnoe posobie «Rabota v sisteme MathCAD» / E. A. Novikovskij. Barnaul: Tipografija AltGTU, 2013. – 114 s.

УДК 378

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ГУМАНИТАРНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

*Мазур Ю. В., старший преподаватель кафедры спортивных дисциплин,
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
Гродно, Беларусь, e-mail: mazur_jv@grsu.by*

*Андреюк С. В., к. т. н., доцент, заведующий кафедрой водоснабжения,
водоотведения и охраны водных ресурсов, Брестский государственный
технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: svandreuyuk@g.bstu.by*

*Рахуба В. И., к. ф. н., доцент, заведующий кафедрой лингвистических
дисциплин и межкультурных коммуникаций, Брестский государственный
технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: virahuba@mail.ru*

*Андреюк Е. С., Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
Гродно, Беларусь, e-mail: andreuyukkaterina@yandex.by*

Реферат

Инновационные технологии в педагогике представляют собой устоявшиеся методы обучения в сфере образования в целом. В качестве основной задачи высшего образования рассматривается подготовка квалифицированного, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного и готового к эффективной работе по профилю своей деятельности работника. Качество подготовки специалиста считается важнейшим компонентом современного профессионального образования. Высшее образование при этом должно способствовать развитию мышления, формированию методологической культуры на основе познавательной, профессиональной, коммуникативной деятельности. В статье кратко рас-

считаются инновационные технологии обучения, применяемые в образовательном процессе в средних и высших учебных заведениях. Анализируются составляющие современного образования и процесса обучения. По результатам исследований приводятся примеры актуальных инновационных технологий в педагогической деятельности по обучению практико-ориентированным специальностям в высших учебных заведениях Беларуси на примерах БрГТУ и ГрГУ им. Я. Купалы.

Ключевые слова: инновационные технологии, педагогика, высшее образование, моделирование, иноязычные компетенции, информационные технологии.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PEDAGOGICAL ACTIVITY IN THE TRAINING OF HUMANITIES AND TECHNICAL PERSONNEL SPECIALISTS

Y. V. Mazur, S. V. Andreyuk, V. I. Rakhuba, E. S. Andreyuk

Abstract

Innovative technologies in pedagogy represent the established methods of teaching in the sphere of education in general. As the main task of higher education is considered the preparation of a qualified, competitive in the labour market, competent and ready to work effectively in the profile of his/her activity employee. The quality of specialist training is considered to be the most important component of modern professional education. Higher education should contribute to the development of thinking, formation of methodological culture on the basis of cognitive, professional, communicative activity. The article briefly discusses innovative teaching technologies used in the educational process in secondary and higher educational institutions. The components of modern education and learning process are analysed. Based on the results of the research, examples of actual innovative technologies in the pedagogical activity of teaching practice-oriented specialities in higher educational institutions of Belarus are given on the examples of Brest State Technical University and Yanka Kupala State University of Grodno.

Key words: innovative technologies, pedagogy, higher education, modelling, foreign language competences, information technologies.

Введение

Инновации сегодня представляют собой совокупность мероприятий, действий и достижений, охватывающих и пронизывающих большую часть человеческой трудовой деятельности. Все больше отраслей подпадает под влияние инновационных технологий, внедрений и инноваций в общем. Однако это относится не только к отраслям, которые общепринято считать инновационными, такие как, например, информационные технологии. Инновации проникают также и в социальные сферы, такие как образование и педагогика [1].

Главная цель высшего образования – профессиональная подготовка грамотного специалиста соответствующего профиля, способного конкурировать на рынке труда, быть компетентным, т. е. быть высококвалифицированным работником в области своей профессиональной деятельности. Фундаментальную роль в процессе обучения грамотного специалиста играет формирование и развитие его универсальных компетенций – сочетание определенных личных ка-

честв, интеллектуальных способностей, коммуникативной компетенции, дающих возможность специалисту иметь успех в профессиональной деятельности. Формирование общих компетенций является таким же актуальным при подготовке специалистов, как и формирование их профессиональных компетенций.

Инновационные технологии в педагогической деятельности – это такие технологии образования, которые побуждают саморазвиваться и при этом создают условия для развития участников процесса обучения. Поэтому инновационное образование является развивающим и развивающимся.

Такое образование состоит из совокупности следующих составляющих:

- современное содержание образовательной программы, направленное на развитие различных компетенций;
- инновационные методы, помогающие развивать интерес учащихся к процессу обучения;
- современная инфраструктура образовательной деятельности, помогающая применять дистанционные формы обучения.

Среди инновационных технологий обучения можно выделить следующие.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в обучении предполагают активное использование мультимедийных средств, что ведет к информатизации обучающихся. Это направление реализуется через включение новых предметов. Опыт применения показал, что использование различного рода форм дистанционного образования повышает интерес учащихся к изучению особенно с использованием метода проектов. Обозначаются несколько типов такой проектной работы: на уровне педагога – составление учебных программ; на уровне руководителя образовательного подразделения – проектирование типа образования; на уровне управляющего органа образования – разработка программ для развития структур образования; на уровне политики в образовании – разработка системы образования как социокультурной инфраструктуры.

Личностно-ориентированные технологии преподавания ставят в центр всей образовательной системы личность обучаемого, обеспечение комфортных и безопасных условий развития, направлены на реализацию потенциала личности. Проявляются такие технологии в усвоении учащимися индивидуальной образовательной программы, составленной в соответствии с их возможностями и потребностями.

Применение такой инновационной технологии как *информационно-аналитическое обеспечение учебного процесса* позволяет объективно проследить развитие каждого обучаемого в отдельности. При некоторой модификации данная форма может быть средством для контроля состояния преподавания любого предмета.

Наряду с перечисленными существуют инновационные технологии обучения, включающие *мониторинг интеллектуального развития* (качественных параметров обучения при помощи методов тестирования и анкетирования), *дидактические и воспитательные технологии*.

Примерами дидактических технологий являются самостоятельная работа, игра, работа над проектами, групповые, а также дифференцированные и дистанционные способы обучения. Воспитательные технологии реализуются через создание интереса обучающихся к дополнительным формам развития, например, участие в кружках творчества, культурных и спортивных мероприя-

тиях.

Часто применяются комбинации указанных приемов и методов [2].

Инновационные технологии в педагогической деятельности при обучении практико-ориентированным специальностям в высших учебных заведениях Беларуси на примерах БрГТУ и ГрГУ им. Я. Купалы

Развитие профессиональной иноязычной компетенции

Увеличивающийся спрос на специалистов, владеющих иностранными языками, требует внесения изменений как в содержание курсов профессионально ориентированного обучения, так и в применяемые технологии обучения. Практико-ориентированное обучение должно учитывать потребности студентов и быть непосредственно связано с характеристиками их будущей профессии.

Современному образованию необходимо соответствовать требованиям общества и времени. В контексте прагматического мира иностранный язык для профессиональных задач последовательно превращается в иностранный язык для реальных задач. Подобная тенденция делает преподавание иностранного языка в профессиональных целях наиболее перспективным направлением развития методики его изучения, а также данного сегмента педагогических образовательных услуг. Эффективное использование инновационных технологий обучения иностранному языку способствует развитию универсальных и профессиональных компетенций, повышая, таким образом, качество образования, предлагаемое учреждениями высшего образования, и качество грамотной профессиональной подготовки будущих специалистов [3]. В частности, развитие иноязычной коммуникативной компетенции в устной продуктивной речи обучающихся возможно с применением так называемых технологий «ролевая игра» и «дебаты» для коммуникативно ориентированного обучения говорению на изучаемом иностранном языке [4].

Одним из средств повышения эффективности преподавания иностранных языков в Брестском государственном техническом университете служит проведение ознакомительной практики для студентов первого курса специальностей «маркетинг» и «логистика». Она формирует и закрепляет практические иноязычные навыки и умения, раскрывает особенности профессиональной деятельности будущих специалистов, развивает навыки использования иностранного языка в учебной деятельности. Завершается ознакомительная практика презентацией предприятия-базы практики на иностранном языке [5].

Ознакомительная практика, таким образом, расширяет рамки обязательного курса иностранного языка, выводит его за рамки учебной программы по этой дисциплине, мотивирует студентов и позволяет им проявить свою креативность. Студенты получают уникальную возможность развивать иноязычную компетентность, закрепляя и совершенствуя навыки различных видов речевой деятельности (в первую очередь – разговорной и письменной речи), расширяя свой активный вокабуляр.

Внедрение 3D-моделирования

Проектирование – один из основных способов создания техники и других изделий, создаваемых человеком. Современное проектирование невозможно без широкого применения 3D-технологий. Широкое распространение 3D-моделирования требует квалифицированных кадров, готовых создавать и использовать пространственное моделирование [6, 7].

В современных условиях, когда исследователям и инженерам требуется большое разнообразие форм общения с коллегами, навыки геометрического моделирования как никогда прежде актуальны и свидетельствуют о высоком уровне профессионализма. Геометрическое моделирование имеет преимущество перед другими типами моделирования, так как оно наиболее удобно для зрительного восприятия. Графическая модель дает возможность избежать составления словесного описания, как правило, длинного и запутанного. При этом моделирование является первым этапом автоматизированного проектирования [8].

В современных условиях освоение дисциплин по 3D-моделированию является важной частью инженерных компетенций выпускников технических вузов. С точки зрения работодателя, выпускник должен уверенно работать с различными программами трехмерного проектирования, для ускорения конструкторского процесса использовать библиотеки и базы данных САПР, быстро находить необходимые комплектующие изделия от мировых производителей. Традиционный метод обучения с карандашом и применением чертежных инструментов уходит в прошлое. При обучении целесообразно после получения бумажного эскиза учебной детали проводить создание 3D-модели изделия, а не выполнение бумажных чертежей. Полученная в САД-программе модель позволяет получить необходимые проекции для выполнения рабочих чертежей и их доработки по ГОСТ согласно ЕСКД.

Известны исследования по применению технологий информационного моделирования (BIM-технологий) в образовательном процессе при подготовке выпускников направления «Природообустройство и водопользование» в РФ. В рамках предметной подготовки важно создать среду обучения, приближенную к профессиональной. Приводятся примеры практико-ориентированных учебных заданий, которые выполняют студенты в ходе самостоятельной работы с использованием программного комплекса BIM Renga [9].

На факультете инженерных систем и экологии БрГТУ задачей исследования стало изучение возможностей создания моделей инженерных водохозяйственных систем в рамках специальности «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» с целью внедрения в учебный процесс информационного моделирования при проектировании инженерных сетей и сооружений. Так, по заказу предприятия, производящего кухонные плиты, была разработана схема подготовки воды для технологических нужд и, основываясь на базе программного комплекса Autodesk Revit, в рамках научно-исследовательской студенческой деятельности разработана 3D-модель и запроектирована станция водоподготовки с напорными фильтрами [10, 11].

В рамках поэтапной реализации так называемых аддитивных технологий на машиностроительном факультете БрГТУ с 2024 года открыта новая специальность «Производство изделий на основе трехмерных технологий».

Создание автоматизированных обучающих систем

С каждым годом возрастает роль физической культуры и спорта во многих сферах жизнедеятельности нашей страны, в том числе и образования.

В Гродненском государственном университете имени Янки Купалы (ГрГУ им. Я. Купалы) было разработано и внедрено в учебный процесс по плаванию специализированное информационно-технологическое обеспечение для приме-

нения практико-ориентированного обучения по дисциплине «Плавание и методика преподавания».

Физическая подготовка представляет собой одно из основных направлений системы физического воспитания, призванное сформировать физические и специальные качества, умения и навыки, способствующие достижению объективной готовности человека к успешной профессиональной деятельности.

В настоящее время главной задачей системы высшего физкультурного образования является подготовка специалистов нового типа мышления, имеющих высокий уровень общей профессионально-прикладной подготовки, способных к творческому поиску и новаторскому подходу в решении сложных производственных задач в области физической культуры и спорта.

Возможность информационных технологий в ГрГУ им. Я. Купалы была реализована с помощью дидактического компьютерного средства – автоматизированной обучающей системы (АОС), которая позволяет автоматизировать процессы обратной связи в ходе изучения учебного материала и управлять познавательной деятельностью обучаемого. Педагогическая эффективность разработанной АОС изучалась в процессе специально организованного исследования на базе факультета физической культуры [12, 13].

Таким образом полученное информационно-технологическое обеспечение учебного процесса по плаванию не только вписывается в учебный процесс, но также позволяет повысить удовлетворенность студентов методами обучения, поднять на новый уровень логическое и аналитическое мышление. Кроме того, предложенная методика полностью адаптирует процесс формирования профессиональных компетенций к индивидуальным особенностям студентов, помогает учащимся не только усваивать теорию плавания как учебной дисциплины, но и достигать побед на профильных соревнованиях [14].

Результаты и обсуждения

Уровень образованности измеряется уже не только объемом полученных знаний, но и способностью решать профессиональные задачи различной сложности на основе приобретенных знаний. Подобный уровень может быть достигнут при применении инновационных технологий педагогики. При подготовке специалистов высшего образования в Республике Беларусь на современном этапе инновационные технологии педагогической деятельности находят все большее распространение по актуальным направлениям:

1) в современных условиях освоение дисциплин по 3D-моделированию является важной частью инженерных компетенций выпускников технических вузов; применение технологии информационного моделирования позволяет получить информационную модель, благодаря которой сводятся к минимуму ошибки и неточности при проектировании инженерных систем и сооружений;

2) подготовка студентов в высшем учебном заведении тесно связана с формированием профессиональной культуры будущих специалистов, в которой важное место занимает развитие профессиональной иноязычной компетенции; создание курса профессионально ориентированного иностранного языка для студентов инженерно-технических специальностей предоставляет широкие возможности для приобретения знаний, повышает уровень мотивации учащихся и способствует активизации учебного процесса;

3) успехи в области физического воспитания во многом зависят от того,

насколько активно и сознательно включены студенты в учебный процесс, от их отношения к физическому воспитанию как к учебному предмету; инновационные методики на базе автоматизированных обучающих систем делают учебный процесс более комфортным и эффективным; использование новых информационных технологий позволяет осуществлять самостоятельную работу студентов, направленную на развитие логического и аналитического мышления, а также адаптировать процесс получения знаний к индивидуальным особенностям обучаемых.

Заключение

Инновационные технологии в педагогике представляют собой устоявшиеся методы обучения в сфере образования в целом. Желание обучающихся совершенствовать свои навыки демонстрирует эффективность использования этих методов.

Дана краткая характеристика инновационным технологиям обучения, применяемым в образовательном процессе в средних и высших учебных заведениях.

Показано, что организация процесса обучения с помощью инновационных педагогических технологий содействует самостоятельной реализации студентов в процессе их учебной деятельности, ведет к росту их подготовленности и творческого отношения к будущей профессии.

Приведены результаты исследований по внедрению некоторых инновационных технологий в педагогическую деятельность при обучении практико-ориентированным специальностям в высших учебных заведениях Беларуси на примерах БрГТУ и ГрГУ им. Я. Купалы.

Список цитированных источников

1. Никитин, С. А. Инновационные технологии педагогической деятельности / С. А. Никитин // Современное высшее профессиональное образование: тенденции и перспективы подготовки конкурентоспособного специалиста: сб. науч. статей Межвуз. научно-практич. конф., Брест, 17–18 мая 2019 г. / БрГТУ; редкол. : В. И. Рахуба [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 55–57.

2. Шамова, Т. И. Переподготовка руководителей образовательных учреждений / Т. И. Шамова // Педагогика. – 2003. – № 6. – С. 47–53.

3. Копчак, Е. В. Инновационные технологии как условие реализации компетентного подхода при обучении иностранному языку / Е. В. Копчак // Современное высшее профессиональное образование: тенденции и перспективы подготовки конкурентоспособного специалиста : сб. науч. статей Межвуз. научно-практич. конф., Брест, 17–18 мая 2019 г. / БрГТУ; редкол.: В. И. Рахуба [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 45–47.

4. Короткевич, Ж. А. Развитие иноязычной коммуникативной компетенции в устной продуктивной речи обучающихся на II ступени общего среднего образования / Ж. А. Короткевич, В. О. Романчук // Творческое развитие и саморазвитие личности студентов и учащихся : сб. науч. ст. / ГрГУ им. Янки Купалы ; гл. ред. В. П. Тарантей ; редкол.: В. П. Тарантей [и др.]. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2023. – С. 197–202.

5. Рахуба, В. И. К вопросу формирования профессиональной иноязычной компетенции студентов технических специальностей / В. И. Рахуба // Тенденції та перспективи формування професійної лексики. – 2019. – В. IX. – С. 207–209.

6. Сакович, Ю. В. Современные методы обучения 3d-моделированию с использованием САПР / Ю. В. Сакович, В. М. Голуб // Современное высшее профессиональное образование: тенденции и перспективы подготовки конкурентоспособного специалиста: сб. науч. статей Межвуз. научно-практич. конф.; Брест, 17–18 мая 2019 г. / БрГТУ; редкол.: В. И. Рахуба [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 71–74.

7. Андреев-Твердов, А. И. Формирование компетенций, необходимых для разработки конструкторской документации у студентов технических университетов / А. И. Андреев-

Твердов [и др.] // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 3 (7). – С. 10–13.

8. Мартишкин, В. В. О совершенствовании преподавания инженерной графики в условиях XXI века / В. В. Мартишкин, Э. М. Фазлулин, О. А. Яковук // Известия МГТУ «МАМИ». – 2007. – № 2 (4). – С. 308–315.

9. Скрипник, А. В. Технологии информационного моделирования в водохозяйственном проектировании / А. В. Скрипник, Л. А. Беховых // Вестн. науч.-методич. совета по природообустройству и водопользованию. – М. : Российский гос. аграрный ун-тет – Московская сельскохоз. академия им. К. А. Тимирязева. – 2019. – № 15. – С. 39–43.

10. Таратенкова, М. А. Инновационные технологии в проектировании и моделировании инженерных водохозяйственных систем / М. А. Таратенкова, С. В. Андреюк, И. А. Адамов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды : сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–27 окт. 2023 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол. : А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 150–155.

11. Гатило, В. А. Проектирование инженерных систем жизнеобеспечения с использованием технологии информационного моделирования / В. А. Гатило и др. // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол. : А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2024. – С. 157–162.

12. Мазур, Ю. В. Методика применения информационно-технологического обеспечения учебного процесса по плаванию / Ю. В. Мазур // Олимпийский спорт: педаг. наследие Д. П. Коркина и роль личности тренера в становлении спортсмена : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. в рамках проведения междунар. турнира по вольной борьбе, посвящ. памяти заслуж. тренера СССР Д. П. Коркина, Якутск, Россия, 10 октября 2019 г. / Под общ. ред. М. Г. Колодезниковой. – Якутск, Россия : Изд. дом СВФУ, 2019. – С. 83–90.

13. Мазур, Ю. В. Организация практико-ориентированного обучения по дисциплине «Плавание и методика преподавания» с использованием автоматической обучающей системы / Ю. В. Мазур // Экспериментальная и инновационная деятельность – потенциал развития отрасли физической культуры и спорта : материалы Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т., Чайковский, 18–19 сентября 2020 г. – Чайковский : Чайковский гос. ин-т физической культуры, 2020. – Т. 2. – С. 44–47.

14. Архіпенка, Д. Плаваем тэхнічна / Д. Архіпенка // Настаўніцкая газета. – Минск : Педагогическая пресса. – URL: <https://nastgaz.by/plavaem-tehnichna/> (дата обращения: 25.05.2022).

References

1. Nikitin, S. A. Innovacionnyye tehnologii pedagogicheskoy dejatel'nosti / S. A. Nikitin // Sovremennoe vysshee professional'noe obrazovanie: tendencii i perspektivy podgotovki konkurentosposobnogo specialista: sb. nauch. statej Mezhhvuz. nauchno-praktich. konf.; Brest, 17 – 18 maja 2019 g. / BrGTU; redkol.: V.I. Rahuba [i dr.]. – Brest: BrGTU, 2019. – S. 55-57.

2. Shamova, T. I. Perepodgotovka rukovoditelej obrazovatel'nyh uchrezhdenij / T. I. Shamova // Pedagogika. – 2003. – № 6. – S. 47-53.

3. Kopchak E. V. Innovacionnyye tehnologii kak uslovie realizacii kompetent-nostnogo podhoda pri obuchenii inostrannomu jazyku / E. V. Kopchak // Sovremennoe vysshee professional'noe obrazovanie: tendencii i perspektivy podgotovki konkurentosposobnogo specialista: sb. nauch. statej Mezhhvuz. nauchno-praktich. konf.; Brest, 17 – 18 maja 2019 g. / BrGTU; redkol.: V.I. Rahuba [i dr.]. – Brest: BrGTU, 2019. – S. 45-47.

4. Korotkevich, Zh. A. Razvitie inojazychnoj kommunikativnoj kompetencii v ustnoj produktivnoj rechi obuchajushhihsja na II stupeni obshhego srednego obrazovaniya / Zh. A. Korotkevich, V. O. Romanchuk // Tvorcheskoe razvitie i samorazvitie lichnosti studentov i uchashhihsja : sb. nauch. st. / GrGU im. Janki Kupaly ; gl. red. V. P. Taran-tej ; redkol.: V. P. Tarantej [i dr.]. – Grodno : GrGU im. Janki Kupaly, 2023. – S. 197-202.

5. Rahuba, V. I. K voprosu formirovaniya professional'noj inojazychnoj kompetencii studentov tehniceskikh special'nostej / V.I. Rahuba // Tendencii ta perspektivi formuvannja profesijnoj leksiki. Vipusk IX, 2019 r. – S. 207-209.

6. Sakovich, Ju. V. Sovremennye metody obuchenija 3d-modelirovaniju s ispol'zovaniem

SAPR / Ju.V. Sakovich, V.M. Golub // Sovremennoe vysshee professional'noe obrazovanie: tendencii i perspektivy podgotovki konkurentosposobnogo speci-alista: sb. nauch. statej Mezhvuz. nauchno-praktich. konf.; Brest, 17 – 18 maja 2019 g. / BrGTU; redkol.: V.I. Rahuba [i dr.]. – Brest: BrGTU, 2019. – S. 71-74.

7. Andreev-Tverdov, A. I. Formirovanie kompetencij, neobhodimyh dlja razrabotki konstruktorskoj dokumentacii u studentov tehniceskikh universitetov / A. I. Andreev-Tverdov [i dr.] // Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki. – 2017. – № 3 (7). – S. 10-13.

8. Martishkin, V. V. O sovershenstvovanii prepodavanija inzhenernoj grafiki v uslovijah XXI veka / V. V. Martishkin, Je. M. Fazlulin, O. A. Jakovuk // Izvestija MGTU «MAMI». – 2007. – № 2 (4). – S. 308-315.

9. Skripnik, A. V. Tehnologii informacionnogo modelirovanija v vodohozhajstven-nom proektirovanii / A.V. Skripnik, L.A. Behovyh // Vestnik nauchno-metodicheskogo soveta po prirodobustroystvu i vodopol'zovaniju. – Moskva: Ros-sijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet-Moskovskaja sel'skohozhajstven-naja akademija im. K.A. Timirjazeva. – 2019. – № 15. – S. 39-43.

10. Taratenkova, M. A. Innovacionnye tehnologii v proektirovanii i modelirova-nii inzhenernyh vodohozhajstvennyh sistem / M. A. Taratenkova, S. V. Andrejuk, I. A. Adamov // Vodohozhajstvennoe stroitel'stvo i ohrana okruzhajushhej sredy : sb. nauchn. statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 26-27 oktjabrja 2023 g. / Brest.gos. tehn. un-t ; redkol.: A. A. Volchek [i dr.] ; nauch. red. A. A. Volchek, O. P. Meshik, S.V. Andrejuk – Brest :BrGTU, 2023. – S. 150-155.

11. Gatilo, V. A. Proektirovanie inzhenernyh sistem zhizneobespechenija s ispol'zo-vaniem tehnologii informacionnogo modelirovanija / V.A. Gatilo i dr. // Inzhe-nerno-jekologicheskie aspekty i perspektivy razvitija sistem vodosnabzhenija i vodootvedenija: sb. nauchn. statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Brest, 28 marta 2024 g. / Brest. gos. tehn. un-t ; redkol.: A.A. Volchek [i dr.] ; nauch. red. A.A. Vol-chek, O.P. Meshik, S.V. Andrejuk. – Brest: BrGTU, 2024. – S. 157-162.

12. Mazur, Ju. V. Metodika primenenija informacionno-tehnologicheskogo obespe-chenija uchebnogo processa po plavaniju / Ju. V. Mazur // Olimpijskij sport: pedag. nasledie D.P. Korkina i rol' lichnosti trenera v stanovlenii sportsmena : Mate-rialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v ramkah provedenija mezhdunar. turnira po vol'noj bor'be, posvjashh. pamjati zasluž. trenera SSSR D.P. Korkina, Jakutsk, Rossija, 10 oktjabrja 2019 g. / Pod obshh. red. M.G. Kolodeznikovoij. – Jakutsk, Rossija: Izd. dom SVFU, 2019. – S. 83-90. – EDN UGSCHL.

13. Mazur, Ju. V. Organizacija praktiko-orientirovannogo obuchenija po discipline «Plavanie i metodika prepodavanija» s ispol'zovaniem avtomaticheskoy obuchaju-shhej sistemy / Ju. V. Mazur // Jeksperimental'naja i innovacionnaja dejatel'nost' - potencial razvitija otrasli fizicheskoy kul'tury i sporta : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. : v 2 t., Chajkovskij, 18–19 sentjabrja 2020 g., Tom 2. – Chajkovskij: Chajkovskij gos. in-t fizicheskoy kul'tury, 2020. – S. 44-47. – EDN MUVCAD.

14. Arhipenka, D. Plavaem tjechnichna / D. Arhipenka. – «Nastaŭnickaja gazeta»: Redakcionno-izdatel'skoe uchrezhdenie «Izdatel'skij dom «Pedagogicheskaja pressa». – 25.05.2022. – <https://nastgaz.by/plavaem-technichna/>.

УДК 624.014

КРИТЕРИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

***В. В. Надольский**, к. т. н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail : Nadolski@mail.by*

Реферат

Очень важное место в проектировании строительных конструкций занимает

вопрос назначения критериев предельных состояний. Используемые в настоящей практике критерии не могут быть в полной мере применены к проектированию на основе компьютерных численных моделей. Критерии должны быть однозначно выражены в точных терминах и значениях строительной механики и в форме «понятной» компьютеру. В исследовании предлагается применять единый критерий для всех предельных состояний, выраженный в виде нулевого градиента – «отклика» (зависимости «нагрузка – перемещение»). Можно утверждать, что критерий нулевого отклика имеет хорошую физическую достоверность. Большим преимуществом критерия нулевого отклика является его общность. Он одинаково подходит для конструкций из любых материалов и для всех форм (видов) отказа. Критерий нулевого отклика работает во всех этих случаях и избавляет от необходимости искать какие-либо дополнительные формулировки. Также формулировка критерия предельных состояний на основе понятия «отклик» позволяет оценить степень их опасности. Для этого достаточно определить значение «отклика» элемента конструкции в состояниях, следующих за предполагаемым предельным.

Ключевые слова: критерий предельного состояния, отклик конструкции, компьютерное моделирование, численные модели сопротивления, метод предельных состояний, метод предельных поведений.

CRITERIA OF LIMIT STATES FOR THE DESIGN OF STEEL STRUCTURES BASED ON COMPUTER NUMERICAL MODELS

V. Nadolski

Abstract

A very important place in the design of building structures is occupied by the issue of assigning criteria for limit states. The criteria used in current practice cannot be fully applied to design based on computer numerical models. The criteria must be unambiguously expressed in precise terms and values of structural mechanics and in a form that is "understandable" to a computer. In the study, it is proposed to apply a single criterion for all limit states, expressed as a zero gradient of "response" (load–displacement curve). It can be argued that the zero response criterion has good physical validity. The great advantage of the zero response criterion is its generality. It is equally suitable for structures made of any materials and for all forms (types) of failure. The zero response criterion works in all these cases and eliminates the need to look for any additional formulations. Also, the formulation of the criterion of limit states based on the concept of "response" allows us to assess the degree of their danger. To do this, it is enough to determine the value of the "response" of the structural element in the states following the assumed limit.

Keywords: limit state criterion, design response, computer modeling, numerical resistance models, limit state method, limit behavior method

Введение

Очень важное место в основных принципах проектирования по методу предельных состояний занимает вопрос о назначении критериев предельных со-

стояний. Критерии предельных состояний должны быть взаимосвязаны с рассматриваемыми расчетными ситуациями и предельными состояниями (в том числе с учетом уровня нагрузок и частоты их изменения для проверок предельных состояний несущей способности и эксплуатационной пригодности), соответствовать функциональным требованиям к конструкциям. Следует позаботиться о том, чтобы все соответствующие режимы отказа учитывались либо непосредственно с помощью анализа, либо с помощью дополнительных проверок. Примерами дополнительных проверок могут служить проверки сварного шва, болтов и т. д. В качестве наиболее распространенных критериев предельных состояний несущей способности для стальных конструкций выступают:

- достижение предела текучести (используется в большинстве расчетных моделей сопротивления стальных конструкций);

- достижение предельного значения деформаций (нормативные документы дают мало четких указаний по этому вопросу, за исключением [1], который регламентирует предельные деформации равные 5 %, однако строгого обоснования этого значения нет);

- упругая потеря устойчивости стенки, гибкость стенки, «дыхание стенки» как критерий проверки выносливости или эксплуатационной пригодности (с практической или эстетической точки зрения) [2; 3];

- дополнительные проверки накопленных пластических деформаций или повторной текучести, которые важны в случае переменной или циклической нагрузки.

Однако перечисленные критерии не могут быть применены для численных моделей [4, 5]. Одна из причин – это то, что достижение некоего уровня напряжений (например, предела текучести) или деформаций (например, пластических) будет сильно зависеть от наличия концентраторов и качества конечно элементной сетки [6, 7]. Можно дополнить эти критерии размером области развития напряжений или деформаций, однако автоматизация такого процесса представляется очень сложной. Вторая причина – это то, что такие фразы, как «упругая потеря устойчивости стенки», «дыхание стенки», «выдерживать все действия и воздействия, которые могут возникнуть во время выполнения и использования», «обеспечивать работу», «чрезмерное перемещение» и т. д., не имеют смысла с точки зрения строительной механики. Критерии должны быть однозначно выражены в точных терминах и значениях строительной механики и, соответственно, в форме «понятной» компьютеру, именно это обеспечивает ясность требований.

Единый критерии предельных состояний для проектирования стальных конструкций на основе компьютерных численных моделей

Для всех предельных состояний единый критерий предельного состояния может быть записан в виде нулевого градиента зависимости «нагрузка – перемещение», т. е. $\delta P/\delta f = 0$ или $\Delta P/\Delta f = 0$. Далее в тексте используются термины «отклик», «реакция». Можно утверждать, что критерий нулевого отклика имеет хорошую физическую достоверность. Это обстоятельство имеет первостепенное значение. Большим преимуществом критерия нулевого отклика является его общность. Он одинаково подходит для конструкций из любых материалов и для всех форм (видов) отказа. Нулевой «отклик» элемента возникает

при хрупком разрушении, при «текучести» (увеличении деформаций и перемещений при постоянном уровне нагрузки), при различных видах потери устойчивости. Часто бывает трудно провести различие между проблемами локальной (устойчивость частей сечения, устойчивость формы сечения) и глобальной (устойчивость элемента) устойчивостью тонкостенных или холодноформованных элементов металлических конструкций и т. д. Критерий нулевого отклика работает во всех этих случаях и избавляет от необходимости искать какие-либо дополнительные формулировки.

Формулировка критерия предельных состояний на основе понятия «отклик» позволяет **оценить степень их опасности**. Для этого достаточно определить значение «отклика» элемента конструкции в состояниях, следующих за предполагаемым предельным (стадия после рассматриваемой точки на кривой деформирования). Следовательно, использование понятия «отклик» позволяет формировать критерии проверки живучести. Помимо величины максимальной несущей способности (сопротивления), т. е. максимального значения нагрузки на кривой деформирования, способность элемента сохранять свою работоспособность в случае перегрузки сильно влияет на результирующую надежность. Поэтому необходимо учитывать не только максимальную величину сопротивления, но и судить о том, каково поведение (график деформирования) для конкретного режима отказа.

Если «отклик» < 0 за точкой предельного состояния (рисунок 1, кривая А точка 1, кривые В и С точка 3), то это означает, что нагрузка, вызвавшая такое предельное состояние, после ее достижения не может восприниматься (сопротивляться) конструкцией. Этот отказ является катастрофическим и самым опасным. Для такого состояния показатель надежности должен быть максимальным или вероятность отказа должна быть минимальной. Как правило, возникновение этих предельных состояний всегда угрожает безопасности людей.

Если «отклик» $= 0$ или ≈ 0 на некотором промежутке после точки предельного состояния (рисунок 1, кривые В и С, между точками 1 и 2), то конструкция сохраняет способность воспринимать (сопротивляться) предельную нагрузку. Такое предельное состояние менее опасно, так как его достижение может быть обнаружено по появившимся большим деформациям или перемещениям. Этот вид отказа характерен для растянутых и изогнутых элементов из пластичных материалов с горизонтальной областью текучести и т. д. Как правило, возникновение этих предельных состояний затрудняет эксплуатацию конструкции (значительные пластические деформации, перекосы и т. д.).

Возможен случай, когда отклик положительный за точкой предельного состояния «отклик» > 0 (рисунок 1, кривые В и С, точка 1). Такое предельное состояние следует назвать «условным», потому что не наблюдается резкого разрушения элемента или системы, однако дальнейшее увеличение нагрузки недопустимо по тем или иным требованиям (появление значительных деформаций, структурных изменений в материале и т. д.). Необходимо стремиться к проектированию таких конструкций, проявляющих так называемое пластичное поведение при предельной нагрузке. Следует отметить, что устоявшаяся практика проектирования стальных конструкций основана на таком поведении, и оно выгодно как с точки зрения упрощения процесса проектирования, так и с точки зрения повышения надежности конструкции. Для пластичной конструкции пе-

ред разрушением могут произойти значительные прогибы, которые предупреждают о разрушении. Пластичные конструкции также обладают большей способностью поглощать энергию при ударных нагрузках, возможностью перераспределения усилий при отказе части сечения элемента или элемента конструкции.

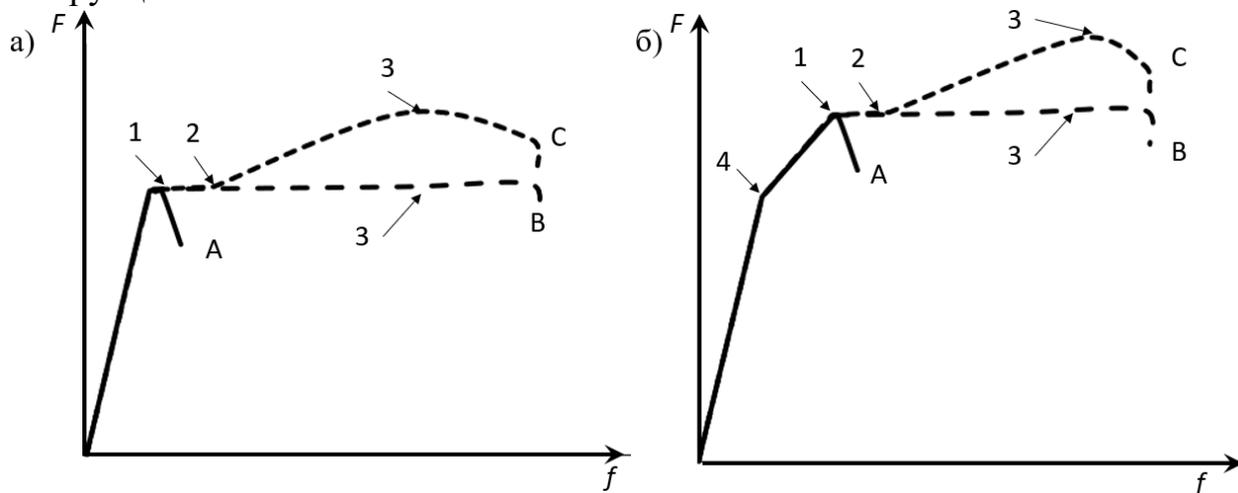


Рисунок 1 – Обобщенные идеализированные кривые деформирования стального элемента

Как видно, эта классификация может быть использована для различных уровней надежности. В EN 1990 написано, что конструкции, подверженные обрушению без предупреждения (хрупкое разрушение), должны иметь более высокий уровень надежности или такие формы отказа должны быть устранены с помощью проектных и строительных мер, но при нормировании вероятности отказа это требование не отражено.

Критерий отклика позволяет более корректно сравнивать элементы с точки зрения надежности или живучести. В ряде случаев попытки сравнить надежность (живучесть) при существующих подходах (это применимо как в детерминированной форме, так и в вероятностной форме) могут привести к неправильным интерпретациям. Например, рассмотрим две балки двутаврового сечения: первая балка «А» имеет сечение 1–2 класс в соответствии с [8], соответственно при проверках используется пластический момент сопротивления, а вторая балка «Б» имеет сечение 3 класса в соответствии с [8], соответственно при проверках используется упругий момент сопротивления. На рисунке 2 показана зависимость перемещений от приложенной нагрузки для двух рассмотренных балок, где F_{SLS} – уровень нагрузки, соответствующий проверке эксплуатационной пригодности (SLS), а F_{ULS} – уровень нагрузки, соответствующий проверке несущей способности (ULS).

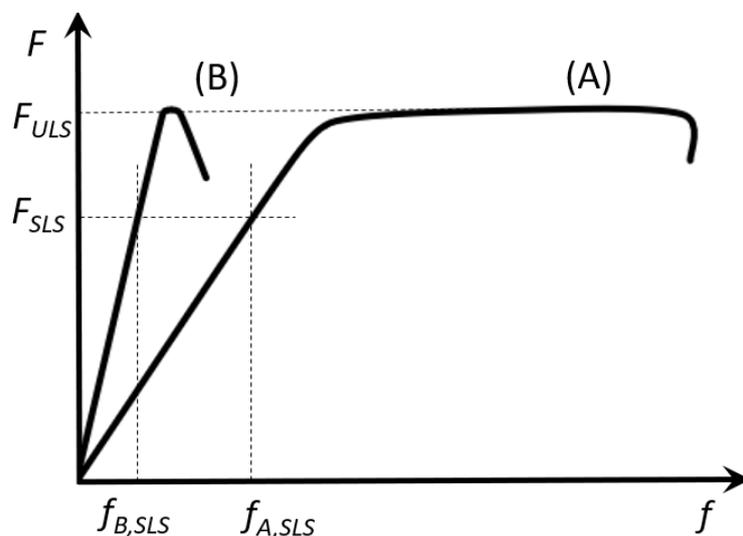


Рисунок 2 – Кривые деформирования в зависимости от класса сечения

При нагрузке, равной F_{SLS} , видно, что перемещение в первой балке $f_{A,SLS}$ будет больше, чем во второй $f_{B,SLS}$ (из-за того, что момент инерции для первого сечения будет меньше, чем для второго) и дополнительно $f_{B,SLS} < f_{A,SLS} < f_{lim}$ (т. е. предельное состояние не превышено ни для одной из балок). Анализируя это выражение в рамках существующих подходов, можем сделать вывод, что балка «В» имеет больший запас, так как $f_{B,SLS} < f_{A,SLS}$, и, соответственно, более предпочтительна (в этом контексте ее иногда интерпретируют как более надежную, например, это общий вывод при оценке существующих конструкций на основании замеров перемещений).

При нагрузке, равной F_{ULS} , обе балки достигают максимальной несущей способности, на основании чего можно сделать вывод, что они одинаково надежны.

Но, анализируя более подробно поведение этих двух балок, выводы, полученные ранее, ставятся под сомнение, и можно утверждать, что с точки зрения надежности (живучести) балка «А» является более предпочтительной, поскольку поведение после достижения проектного «предельного» состояния позволяет избежать внезапного отказа.

Как видно из представленных рассуждений, учет поведения элемента в определенный момент не всегда корректен. При этом эта практика широко распространена. В редких случаях анализируется поведение до достижения предельного состояния и после его наступления, потому что в нормах расчетные формулы оценивают только условно максимальное значение сопротивления.

Такой подход оправдан в большинстве случаев, однако **следующие аспекты заставляют перейти от анализа предельных состояний к анализу предельных поведений.**

1) Одним из важных ограничений применения существующих методов расчета является то, что воздействия, особенно климатические, определяют и нормируют на основе предыдущих наблюдений [9]. Хотя в ряде исследований предпринимаются попытки предсказать редкие (особые) воздействия на основе тенденций последних десятилетий, однако, как правило, эти прогнозы распространяются на ближайшие 5–10 лет и требуют постоянного пересмотра значений нагрузок [10]. В то же время здания рассчитываются на 50 и более лет, что в целом ставит под сомнение принцип обеспечения надежности (целевой веро-

ятности отказа) при заведомо неизвестной воздействию. Попытки спроектировать здание для будущего сводятся к подтверждению их надежности за прошедший период времени. Описанная ситуация в значительной степени послужила стимулом для выделения особых значений снеговой нагрузки [11] и применения принципов ограничения отказа при особых нагрузках [12, 13]. Для восприятия особых воздействий особенно важным становится анализ поведения конструкции в состояниях после выхода из строя одного или нескольких элементов.

2) Все чаще обсуждается вопрос о том, что система частных коэффициентов определена для отдельного структурного (конструктивного) элемента, и попытки проанализировать и стандартизировать надежность для системы элементов пока не принесли ясности. Это опять же требует разработки новых методов анализа надежности (живучести) систем элементов, в том числе по числовым показателям. Примером может служить сравнение пространственной стальной конструкции с ферменной конструкцией. Известно, что пространственные стальные конструкции обладают более высоким уровнем живучести (соответственно надежности) благодаря способности перераспределять нагрузки после выхода из строя ряда элементов, однако, с точки зрения материалоемкости, они обычно менее экономичны (требуют большего расхода материала), чем плоские фермы. И тогда, если сосредоточиться на существующих методах расчета, нет никакого математического способа разумно выбрать и обосновать использование пространственной структуры. Критерий отклика может использоваться как для анализа поведения отдельного элемента, так и для анализа поведения системы, в этом случае он может быть дополнен критерием предельных перемещений [14], когда предельная сила не может быть достигнута в результате больших перемещений.

Подводя итог рассуждений, можно сделать вывод, что универсальным критерием предельного состояния должна выступать кривая деформирования и анализ изменения поведения в точке условного назначаемого отказа и после достижения этой точки.

Заключение

Возможность получения кривых деформирования стальных элементов посредством численных моделей, в отличие от обычных расчетов по нормативным зависимостям, сама по себе представляет очень большой интерес в теоретическом и практическом плане, и открывает новые возможности для понимания поведения элементов и дальнейшего учета этих особенностей для повышения надежности и экономичности. Информация, которую можно извлечь из этих графиков, имеет чрезвычайно важное значение. Несколько характеристик, заслуживающих особого внимания, например, область линейной стадии работы, точка потери устойчивости (бифуркации), изменение и потеря жесткости, предельная (максимальная) нагрузка, критическая (стадия после потери устойчивости стенки) и запредельная (стадия после предельной (максимальной) нагрузки) стадии работы элемента (деформационная способность), стадия трансформацией работы отсека (горизонтальный участок на кривой или линейны наклонный).

Для всех предельных состояний единый критерий предельного состояния может быть записан в виде нулевого градиента «отклика» (зависимости

«нагрузка – перемещение»), т.е. $\delta P/\delta f = 0$ или $\Delta P/\Delta f = 0$. Он одинаково подходит для конструкций из любых материалов и для всех форм (видов) отказа. Критерий нулевого отклика работает во всех этих случаях и избавляет от необходимости искать какие-либо дополнительные формулировки. Также формулировка критерия предельных состояний на основе понятия «отклик» позволяет оценить степень их опасности. Для этого достаточно определить значение «отклика» элемента конструкции в состояниях, следующих за предполагаемым предельным. Следовательно, использование понятия «отклик» позволяет формировать критерии проверки живучести и надежности с позиции поведения элемента.

Список цитированных источников

1. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Пластинчатые элементы конструкций : ТКП EN 1993-1-5-2009 (02250). – Минск : МАиС, 2014. – Ч. 1–5. – 51 с.
2. Мартынов, Ю. С. Предельные состояния эксплуатационной пригодности, связанные с потерей местной устойчивости стенки от действия касательных напряжений / Ю. С. Мартынов, В. В. Надольский // Металлические конструкции. – 2013. – № 2 (19). – С. 93–101.
3. Martynov, Yu. I. Limit state design of slender steel webs associated with the shear buckling / Yu. I. Martynov, V. V. Nadolski // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 1 (97) : Строительство и архитектура. – С. 171–173.
4. Тур, В. В. Концепция проектирования строительных конструкций на основе численных моделей сопротивления / В. В. Тур, В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 6 (104) – С.78–90. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.
5. Надольский, В. В. Оценка расчетного значения несущей способности стальных элементов, проектируемых на основе численных моделей / В. В. Надольский // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 367–378. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.367-378.
6. Надольский, В. В. Оценка несущей способности стальной балки методом конечных элементов при совместном действии локальных и сдвиговых усилий / В. В. Надольский, В. И. Подымако // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 2 (100) – С. 26–43. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-100-2-26-43.
7. Надольский, В. В. Оценка несущей способности балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов при действии локальной нагрузки. / В. В. Надольский, А. И. Вихляев // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – Вып. 6. – С. 693–706. DOI: 10.22227/1997-0935.202.
13. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1993-1-1-2009*. – Минск : МАиС, 2014. – Ч. 1-1 – 88 с.
14. Надольский, В. В. Опыт нормирования ветровой нагрузки для территории Республики Беларусь: предыстория и современное состояние / В. В. Надольский, Ю. С. Мартынов // Вестник Полоцкого гос. ун-та. – Серия F: Прикладные науки. Строительство. – 2019. – № 8. – С. 64–73.
15. Тур, В. В. Вероятностные модели ветрового воздействия для климатических условий Республики Беларусь / В. В. Тур, В. В. Надольский, А. В. Черноиван // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2017. – № 1 (97): Строительство и архитектура. – С. 167–171.
16. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки : СН 2.01.04-2019. – Введ. 2020.09.08. – Минск : МАиС, 2020.
17. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Особые воздействия : ТКП EN 1991-1-7-2009 (02250) – Минск : МАиС. – 2014. Ч. 1-7.
18. Рудольф, В. С. Сопоставление нормируемых значений снеговых нагрузок с многолетними метеонаблюдениями для определения стратегии безаварийной эксплуатации / В. С. Рудольф, В. А. Кудряшов, В. В. Надольский // Вестник Брестского гос. технич. ун-та. – 2024. – № 1 (133). – С. 72–84. DOI: 10.36773/1818-1112-2024-133-1-72-84.
19. Тур, А. В. Сопротивление изгибаемых железобетонных элементов при внезапном приложении нагрузки: дисс. канд. техн. наук: 05.23.01 / А. В. Тур. – Брест, 2012. – 228 с.

References

1. ТКР EN 1993-1-5-2009 (02250). Еврокод 3. Проектирование стал'ных конструкций. СHаст' 1-5. Пластинчатые элементы конструкций. – Минск : МАiS, 2014. – 51 с..
2. Martynov, Yu. S. Predel'nye sostoyaniya ekspluatatsionnoj prigodnosti, svyazannye s poterej mestnoj ustojchivosti stenki ot dejstviya kasatel'nyh napryazhenij / Yu. S. Martynov, V. V. Nadol'skij // Metallicheskie konstrukcii. – 2013. – № 2(19). – S. 93–101.
3. Martynov, Yu.I. Limit state design of slender steel webs associated with the shear buckling / Yu.I. Martynov, V.V. Nadolski // Vestnik BrGTU. – 2016. – № 1(97): Stroitel'stvo i arhitektura. – S. 171–173.
4. Tur V.V. Konceptiya proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij na osnove chislennyh modelej soprotivleniya / V.V. Tur, V.V. Nadol'skij // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2022. – №6 (104) – S.78-90. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.
5. Nadol'skij V.V. Ocenka raschetnogo znacheniya nesushchej sposobnosti stal'nyh elementov, proektiruemyh na osnove chislennyh modelej / V.V. Nadol'skij // Vestnik MGSU. – 2023. – T. 18. – Vyp. 3. – S. 367–378. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.367-378.
6. Nadol'skij V. V. Ocenka nesushchej sposobnosti stal'noj balki metodom konechnykh elementov pri sovmestnom dejstvii lokal'nyh i sdvigovykh usilij /V. V. Nadol'skij, V.I. Podymako // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2022. – №2 (100) – S.26-43., doi: 10.33979/2073-7416-2022-100-2-26-43.
7. Nadol'skij V. V. Ocenka nesushchej sposobnosti balok s gofrirovannoj stenкой metodom konechnykh elementov pri dejstvii lokal'noj nagruzki. /V. V. Nadol'skij, A.I. Vihlyayev // Vestnik MGSU. – 2022. – T. 17. – Vyp. 6. – S. 693–706. DOI: 10.22227/1997-0935.202.
8. ТКР EN 1993-1-1-2009* Еврокод 3. Проектирование стал'ных конструкций. СHаст' 1-1. Обshchie pravila i pravila dlya zdaniy. – М: МАiS, 2014. – 88 с..
9. Nadol'skij V.V. Opyt normirovaniya vetrovoj nagruzki dlya territorii Respubliki Belarus': predystoriya i sovremennoe sostoyanie / V. V. Nadol'skij, YU.S. Martynov // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. – Seriya F: Prikladnye nauki.,” no. Stroitel'stvo. – 2019. – № 8. – S. 64–73.
10. Tur, V. V. Veroyatnostnye modeli vetrovogo vozdejstviya dlya klimaticheskikh uslovij Respubliki Belarus'/ V. V. Tur, V. V. Nadol'skij, A.V. CHernoivan // Vestnik BrGTU. – 2017. – № 1(97): Stroitel'stvo i arhitektura. – S. 167–171.
11. SN 2.01.04-2019 Vozdejstviya na konstrukcii. Obshchie vozdejstviya. Snegovye nagruzki. – М: МАiS. data vvedeniya 2020.09.08.
12. ТКР EN 1991-1-7-2009 (02250) Еврокод 1. Vozdejstviya na konstrukcii. СHаст' 1-7. Обshchie vozdejstviya. Osobyе vozdejstviya. – М: МАiS..
13. Rudol'f, V. S.; Kudryashov, V. A.; Nadol'skij, V. V. Sopostavlenie normiruemykh znachenij snegovykh nagruzok s mnogoletnimi meteonablyudenyami dlya opredeleniya strategii bezavariyjnoj ekspluatatsii / V. S. Rudol'f, V. A. Kudryashov, V. V. Nadol'skij //,” no. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2024. – №1(133). – S. 72-84. DOI: 10.36773/1818-1112-2024-133-1-72-84.
14. Tur, A.V. Soprotivlenie izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov pri vnezapnom prilozhenii nagruzki: diss. kand. tekhn. nauk: 05.23.01 / A. V. Tur. – Brest, 2012. – 228 s.

УДК 624.014

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***В. В. Надольский**, к. т. н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, e-mail: Nadolski@mail.ru*

Реферат

Компьютерные модели в области проектирования строительных конструк-

ций находят все большее применение. Ряд областей применения является традиционным. Но существуют также относительно новые области применения, для которых компьютерные вычислительные модели являются очень перспективными с позиции экономического и технологического развития строительной отрасли. К этим направлениям можно отнести оценку поведения и значений несущей способности конструктивных элементов и узлов. Статья посвящена описанию этапов разработки компьютерной вычислительной модели для оценки несущей способности строительной конструкции. Этапы разработки компьютерной модели условно разделены на основные и вспомогательные. Разработка компьютерной модели начинается с формулировки концептуальной и математической моделей с последующим возможным пересмотром этих моделей во время верификации и валидации, а заканчивается количественной оценкой неопределенности результатов моделирования и оценкой расчетных значений несущей способности.

Ключевые слова: концептуальная модель, математическая модель, верификация, валидация, отклик конструкции, компьютерное моделирование, численные модели сопротивления.

STAGES OF DEVELOPMENT OF A COMPUTER COMPUTATIONAL MODEL FOR ASSESSING THE BEARING CAPACITY OF STEEL STRUCTURES

V. Nadolski

Abstract

Computer models are increasingly being used in the field of structural engineering. A number of the applications are traditional. But there are also relatively new areas of application for which computer computational models are very promising from the standpoint of economic and technological development of the construction industry. These areas include the assessment of the behavior and values of the bearing capacity of structural elements and assemblies. The article is devoted to the description of the stages of development of a computer computational model for assessing the bearing capacity of a building structure. The stages of developing a computer model are conditionally divided into basic and auxiliary ones. The development of a computer model begins with the formulation of conceptual and mathematical models, followed by a possible revision of these models during verification and validation, and ends with a quantitative assessment of the uncertainty of the simulation results and an assessment of the calculated values of the bearing capacity.

Keywords: conceptual model, mathematical model, verification, validation, response, computer modeling, numerical models of resistance.

Введение

Компьютерные модели в области проектирования строительных конструкций находят все большее применение. Ряд из областей применения являются традиционными. К ним можно отнести компьютерные модели для определения усилий в строительных конструкциях и узлах и для определения параметров моделей несущей способности, таких как критические силы потери устойчивости [1, 2]. Но существуют также относительно новые области применения, для которых

компьютерные вычислительные модели являются очень перспективными с позиции экономического и технологического развития строительной отрасли. К этим направлениям можно отнести оценку поведения и значений несущей способности конструктивных элементов и узлов [3-5]. Применение компьютерного моделирования для оценки поведения конструктивного элемента становится общедоступным для проектирования как в связи с простотой создания таких моделей, так и с универсальностью этих моделей. Статья посвящена описанию этапов разработки компьютерной вычислительной модели для оценки несущей способности строительной конструкции. Данная статья разработана в развитие исследования [6] и дополняет его в части этапов разработки компьютерной модели.

Основные этапы. Этап 1. Концептуальная модель

Разработка компьютерной модели начинается с формулировки концептуальной модели. Концептуальная модель является идеализированным представлением поведения объекта моделирования. Разработка концептуальной модели включает в себя формулирование представления объекта моделирования, основанное на механическом и физическом понимании, и выбор степени упрощений, которые приведут к результатам с достаточной точностью для предполагаемого использования этой модели.

Формулировка концептуальной модели важна для всего процесса разработки модели, поскольку на этом этапе принимается (делается) много фундаментальных допущений, которые влияют на интерпретацию результатов моделирования. Эти допущения включают идеализации поведения материала, геометрии, условий закрепления и т. д. Важным шагом в разработке концептуальной модели является определение того, какие физические явления будут оказывать влияние на поведение (отклик, реакцию) объекта моделирования [7]. Определение основных физических явлений помогает гарантировать, что компьютерная модель в достаточной степени отражает задействованную механику и не тратит усилия на моделирование физических явлений, которые не влияют на интересующие характеристики поведения. В качестве примера рассмотрим следующий случай: моделирование конструкции выполнено для оценки прогибов при проверке предельных состояний эксплуатационной пригодности в упругой стадии. В этом примере пластичность материала, коэффициент демпфирования будет иметь низкий приоритет, поскольку они не влияют на рассматриваемую характеристику поведения конструкции. Разработка концептуальной модели также требует знания диапазона условий эксплуатации объекта моделирования, так как окружающая среда может влиять на выбор параметров при моделировании (например, при повышенных температурах эксплуатации необходимо учитывать термическое разупрочнение стали).

Представляющие интерес характеристики поведения – это характеристики поведения физического объекта, которые компьютерная модель должна предсказать для предполагаемого использования. Они могут включать такие характеристики, как максимальное растягивающее усилие в болтах, максимальное значение прогиба, максимальное значение напряжений. Во время развития концептуальной модели лучшими инструментами, доступными для идентификации ключевых физических явлений, является инженерный опыт и суждение. Документация с обоснованием того что включено или исключено из концептуальной модели, является важной частью надлежащей разработки компьютерной модели. Следует обратить внимание, что после того, как компьютерная модель раз-

работана, для исследования важности физического явления можно использовать анализ чувствительности. Построение таблицы идентификации и ранжирования явлений может быть полезным для идентификации ключевых физических явлений в соответствии с их важностью для интересующих характеристик поведения. В таблицу сводят список физических явлений, а также ранжирование (например, высокое, среднее, низкое) важности каждого явления для интересующих характеристик поведения системы. Кроме того, таблица также может включать качественное суждение относительно способности существующих компьютерных моделей или разрабатываемых компьютерных моделей точно описывать физические явления. Эта информация полезна для определения приоритетов, какие физические явления необходимо дополнительно исследовать.

Основные этапы. Этап 2. Математическая модель

Разработка математической модели состоит из определения математических описаний механики и физики, представленной в концептуальной модели. В математической модели принципы механики, поведение материала, свойства взаимодействия, нагрузки и граничные условия приведены к уравнениям и математическим выражениям. Например, если модель материала учитывает только упругие деформации, то математическая модель напряжений будет $\sigma = E \varepsilon$, где E – модуль упругости материала, ε – относительные деформации. Например, если условия закрепления должны учитывать жесткость опоры на изгиб, то математическая модель жесткости будет представлена константой или графиком.

Описание математической модели позволяет определить входные параметры модели, такие как характеристики материала, приложенные нагрузки и т. д. Затем интересующая область может быть выражена в терминах этих параметров. Например, область применения может ограничиваться диапазоном прикладываемых нагрузок.

Основные этапы. Этап 3. Компьютерная (вычислительная) модель

Компьютерная (вычислительная) модель – это численная реализация математической модели. Исследования по формализации требований и принципов создания компьютерной модели представлены в следующих работах [8–11].

Инженер должен понимать концептуальную и математическую модели, чтобы учитывать влияние, обусловленное допущениями и математическими упрощениями, на результаты моделирования. Без этого понимания трудно установить, является ли компьютерная модель подходящей или неподходящей для предполагаемого использования. Для примера, инженер должен учитывать тип граничных условий, которые должны быть наложены в задачах потери устойчивости, поскольку результаты потери устойчивости чувствительны к условиям закрепления, используемым в модели.

Примером концептуальной модели является классическая балка Бернулли – Эйлера с предположениями о линейно упругом поведении и плоских сечениях. Эта концептуальная модель может быть описана с помощью дифференциального уравнения для получения математической модели. Дифференциальные уравнения могут быть решены с помощью различных численных алгоритмов. Обычно в компьютерном моделировании они решаются с использованием метода конечных элементов. С указанием физических параметров и параметров дискретизации создается компьютерная модель.

Основные этапы. Этап 4. Верификация и валидация

Оценка достоверности компьютерных моделей и обеспечение точности этих моделей осуществляется посредством верификации и валидации [6, 12, 13]. Верификация направлена на исключение программных ошибок и оценку численных погрешностей и должна предшествовать валидации, которая направлена на оценку применимости и точности (погрешности и неопределенности) модели путем сравнения расчетов с эталонными (экспериментами) данными. Т. е. верификация и валидация – это процессы, с помощью которых генерируются доказательства и, таким образом, устанавливается достоверность того, что компьютерная модель обладает достаточной точностью и уровнем детализации для их предполагаемого использования [6].

Вспомогательные этапы. Этап А. Обновление модели

Разработчик модели может обнаружить, что компьютерная модель нуждается в обновлении (корректировка, изменение, исправление, доработка) для достижения желаемой точности или учета новых требований. В общем смысле, существует два класса возможных обновлений математических и компьютерных моделей. Первый класс обновлений охватывает обновления параметров в математической или компьютерной модели, которые определяются путем калибровки компьютерной модели по экспериментальным данным (т. е. параметры материала, коэффициенты демпфирования для линейной вибрации или коэффициенты трения). Второй класс обновлений охватывает обновления концептуальной модели для улучшения описания механики или физики, чтобы можно было достичь лучшего согласования с экспериментальными данными. Два класса обновлений обсуждаются ниже.

Этап А.1. Обновления параметров модели

Калибровка модели применяется для подгонки компьютерных результатов в лучшее соответствие с измеренными значениями характеристики поведения. Например, процесс калибровки устраняет наиболее распространенные причины трудностей с моделированием в задачах конструктивной динамики – податливость в соединениях, потерю энергии/демпфирование, неопределенные граничные условия, которые должны быть представлены в виде простых механических моделей – откалиброваны таким образом, чтобы глобальное поведение компьютерной модели соответствовало экспериментальным данным.

Однако калибровка модели определяет только пригодность модели к подгонке, но не ее прогностическую способность. Модель, откалиброванная по экспериментальным данным, не гарантирует точных прогнозов во всем диапазоне предполагаемого использования. Данные, используемые для калибровки модели, должны оставаться независимыми от данных, используемых для оценки прогностической способности, т. е. для валидации. Тип эксперимента, используемый для определения значений неизвестных или неопределенных входных параметров модели, обычно называется «калибровочный эксперимент». Калибровочный эксперимент отличается от валидационного эксперимента. Целью калибровочного эксперимента является генерирование значений или вероятностных распределений для входных параметров модели при определенных типах экспериментальных условий. В отличие от калибровочных экспериментов, эксперименты по валидации разрабатываются и выполняются для обеспечения независимой, объективной оценки прогностической способности компьютерной модели.

Реальность моделирования такова, что с учетом ограничений по стоимости

и срокам, калибровка модели часто выполняется после того, как была проведена первоначальная валидационная оценка и не было достигнуто приемлемое значение точности. То есть разработчик модели находит набор значений параметров, который обеспечивает приемлемое соответствие с данными валидационного эксперимента, но только после того, когда не удается достичь этого согласия с прогнозом. К сожалению, для последующей оценки прогностической способности по-прежнему необходима последующая валидация на основании других независимых экспериментов.

Этап А.2. Обновление концептуальной модели.

Необходимость обновления концептуальной модели возникает, когда некоторые характеристики поведения не согласуются с соответствующими характеристиками выходных данных компьютерной модели и различия не связаны с разумными неопределенностями в параметрах компьютерной модели. Обновления концептуальной модели затрагивают пересмотр математической и компьютерной моделей.

Примерами неточностей концептуальной модели являются: неподходящая модель поведения материала; предположения о сцеплении контактирующих поверхностей, когда в реальности между деталями образуется зазор; предполагаемые жесткие граничные условия, которые, как оказывается, имеют значительные деформации и т. д.

Вспомогательные этапы. Этап Б. Анализ чувствительности

Одним из способов, помимо интуиции и опыта, идентификации важных явлений, является проведение анализа чувствительности. Исследование чувствительности включает *«незначительные изменения входных параметров и определяет, какие входные параметры имеют решающее значение и должен ли этот входной параметр быть определен с более высокой точностью или назначен консервативно»* [5]. Для стальных конструкций особую важность приобретает анализ чувствительности к несовершенствам, который показывает является ли результат компьютерной вычислительной модели чувствительным к выбранному типу, форме и величине несовершенства. Важно понимать, что результаты анализа чувствительности являются такими же результатами модели, как и значения интересующей характеристики поведения, поэтому к ним применяется идентичная логика, т. е. чувствительность модели должна в конечном итоге быть предметом верификации и валидации, как и основные параметры, представляющие интерес.

Анализ чувствительности, выполняемый до валидации компьютерной модели (но не до верификации), может дать важную информацию о характеристиках этой компьютерной модели и помочь в разработке экспериментов. Однако, как и в случае инженерного суждения, или первоначальной расстановки приоритетов, непроверенная чувствительность модели может быть неверной по величине или даже по знаку. Таким образом, к анализу чувствительности модели необходимо возвращаться после любого пересмотра модели.

Основные этапы. Этап 5. Количественная оценка неопределенности моделирования

Валидация компьютерной модели должна учитывать неопределенности, связанные как с результатами моделирования, так и с экспериментальными данными. Все существенные источники неопределенности должны быть идентифицированы и обработаны для количественной оценки их влияния на вычис-

ления, сделанные с помощью модели [3, 14]. На основании валидации компьютерной модели должна быть установлена неопределенность моделирования, которая в дальнейшем наравне с изменчивостью базисных переменных должна быть учтена при обеспечении надежности проектируемой конструкции [5, 14]. Полезно классифицировать неопределенности как неустраняемые и устраняемые.

Неустраняемая неопределенность (также называемая «изменчивость», «случайная неопределенность») относится к внутренним изменениям моделируемой физической системы. Этот тип неопределенности существует всегда и является неотъемлемым свойством. Примерами неустраняемой неопределенности являются изменчивость геометрии, свойств материалов. Присущая физическим параметрам модели изменчивость обычно определяется на основании статистических исследований, например, для предела текучести или, в отдельных случаях, для компонента (например, для несущей способности болта на сдвиг). Если никаких прямых испытаний не проводится, оценка неопределенности из-за изменчивости физических параметров должна основываться на предыдущем опыте и инженерных суждениях. Неустраняемая неопределенность должна учитываться с помощью методов теории надежности. Изменчивость выходных данных моделирования из-за неопределенности базисных переменных можно установить на основе сгенерированной псевдослучайной выборки, такими методами как Монте-Карло или латинский гиперкуб, или методами, представленными в исследовании [15].

Устраняемая неопределенность (также называемая «неопределенность знания, познания», «эпистемологическая неопределенность») относится к недостаткам, возникающим в результате отсутствия полной информации или знаний. Двумя важными источниками устраняемой неопределенности являются статистическая неопределенность и неопределенность концептуальной модели. Статистическая неопределенность возникает из-за использования ограниченных выборок. Например, если среднее значение свойства материала рассчитывается только на основе двух или трех измерений, то среднее значение будет содержать статистическую неопределенность, которую можно уменьшить посредством дополнительных измерений. Неопределенность концептуальной модели относится к неопределенности, связанной с допущениями моделирования. Например, такими как допущение о постоянстве модуля упругости, тогда как в действительности его значение меняется со временем, температурой или скоростью нагружения. В целом неопределенность концептуальной модели чрезвычайно трудно определить количественно.

Основные этапы. Этап 6. Документация по разработке модели

Последним обязательным этапом является составление отчетной документации, которая должна содержать пояснения о концептуальной, математической, компьютерной моделях, процессов верификации, валидации и результатов моделирования, в том числе значения характеристик точности, и описание подходов проверки предельных состояний и обеспечения надежности. В документации по валидации должны быть представлены не только аргументы за или против принятия модели для использования по назначению, но и рекомендуемые пределы ее использования. Должны быть указаны эталонные данные, которые были положены в основу валидации соответствующей компьютерной модели. Должны быть объяснены идеализации и ограничения, присутствующие в экспериментах. Обоснована применимость данных валидации более низкого

уровня, т. е. данных о валидации параметров модели или компонентов модели. Модель может иметь приемлемую точность в ограниченной области. В таких случаях необходимо зафиксировать область применения. Должен быть определен диапазон конфигураций конструкций, условий нагружения, материалов и т. д., для которых ожидается, что прогнозы будут иметь установленную точность. Уверенность в прогнозах модели снижается по мере отклонения условий применения от условий, использованных в процессе валидации. Документация также облегчает повторное использование базы знаний и проверенных параметров модели.

Заключение

Разработка компьютерной модели начинается с формулировки концептуальной и математической моделей с последующим возможным пересмотром этих моделей во время верификации и валидации, а заканчивается количественной оценкой неопределенности результатов моделирования и оценкой расчетных значений несущей способности. Этапы разработки компьютерной модели условно разделены на основные и вспомогательные.

К основным этапам разработки компьютерной модели относятся следующие:

Этап 1. Концептуальная модель.

Этап 2. Математическая модель.

Этап 3. Компьютерная вычислительная модель.

Этап 4. Верификация и валидация.

Этап 5. Количественная оценка неопределенности моделирования

Этап 6. Документация по разработке модели.

К вспомогательным этапам относятся:

Этап А. Обновление модели.

Этап Б. Анализ чувствительности.

В ближайшее время наиболее приоритетными направлениями исследований являются:

– указание и научное обоснование рекомендуемых параметров компьютерных моделей;

– разработка процедур оценки точности моделей с последующим нормированием статистических характеристик точности;

– разработка методических подходов по обеспечению надежности конструкций, проектируемых на основе компьютерных моделей.

Список цитированных источников

1. Надольский, В. В. Перспективные и необходимые направления развития нормативных документов в области проектирования стальных конструкций / В. В. Надольский // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров : сб. науч. статей XXII Междунар. науч.-методич. Семинара, Брест 29–30 сент. 2022 г. / БрГТУ; редкол. : С. М. Семенюк [и др.]. – Брест, 2022 – С. 133–145 с.

2. Nadolski, V. On Development of Numerical Resistance Models of Thin-Web Steel Girders / V. Nadolski, J. Marková, V. Podymako, M. Sýkora // Transactions of the VSB – Technical University of Ostrava, 2023. – Vol. 23/1. – P. 12–19. DOI: 10.35181/tces-2023-0003.

3. Тур, В. В. Концепция проектирования строительных конструкций на основе численных моделей сопротивления / В. В. Тур, В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2022. – № 6 (104) – С.78–90. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.

4. Надольский, В. В. Оценка несущей способности балок с гофрированной стенкой методом конечных элементов при действии локальной нагрузки / В. В. Надольский, А. И. Вихляев // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – Вып. 6. – С. 693–706. DOI: 10.22227/1997-0935.202.

5. Надольский, В. В. Оценка расчетного значения несущей способности стальных элементов, проектируемых на основе численных моделей / В. В. Надольский // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 367–378. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.367-378.
6. Надольский, В. В. Верификация и валидация компьютерной вычислительной модели для проектирования строительных конструкций / В. В. Надольский // Вестник Полоцкого гос. ун-та. – 2024. – № 2. – С. 42–50. DOI: 10.52928/2070-1683-2024-37-2-42-5.
7. Сальников, А. В. Верификация и валидация компьютерных моделей / А. В. Сальников, М. С. Французов, К. А. Виноградов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2022. – № 9 (750). – С. 100–115. – DOI 10.18698/0536-1044-2022-9-100-115.
8. Надольский, В. В. Параметры численных моделей несущей способности для стальных элементов / В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2023. – № 1 (1). – С. 43–56. DOI: 10.33979/2073-7416-2023-105-1-43-56.
9. Мартыненко, Т. М. Анализ прочности узловых соединений при различных исполнениях конструкции на основе моделирования в среде ANSYS / Т. М. Мартыненко, С. А. Пронкевич, И. М. Мартыненко, В. А. Максимович // Механика. Исследования и инновации. – 2022. – № 15. – С. 147–151.
10. Фролов, А. В. Моделирование напряженно-деформированного состояния сварных соединений в ANSYS Mechanical / А. В. Фролов, М. В. Воронов, А. А. Медельцев [и др.] // Известия Тульского гос. ун-та. – 2022. – № 11. – С. 61–76.
11. Палаев, А. Г. Моделирование распределения температурных полей и напряжений в сварном соединении с применением ANSYS / А. Г. Палаев, В. В. Носов, А. А. Красников // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2022. – Т. 12, № 5. DOI 10.28999/2541-9595-2022-12-5-461-469.
12. Темис, Ю.М. Цифровой двойник установки для испытаний центробежного компрессора малоразмерного ГТД. / Ю. М. Темис, А. В. Соловьева, Ю. Н. Журенков [и др.] // Авиационные двигатели. – 2021. – № 1 (10). – С. 5–16. DOI: 10.54349/26586061_2021_1_5.
13. Сальников, А. В. Цифровые двойники — платформа для управления жизненным циклом авиационных двигателей. / А. В. Сальников, М. В. Гордин, Ю. Н. Шмотин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2022. – № 4. – с. 60–72. DOI: 10.18698/ 0536-1044-2022-4-60-72.
14. Надольский, В. В. Статистические характеристики погрешности численных моделей несущей способности для стальных элементов / В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2023. – № 3 (107) – С.17–34. DOI: 10.33979/2073-7416-2023-107-3-17-34.
15. Тур, В. В. Методы оценки коэффициента вариации несущей способности при проектировании конструкций на основе нелинейных конечно-элементных моделей / В. В. Тур, В. В. Надольский // Строительство и реконструкция. – 2024. – № 4. – С. 64–74.

References

1. Nadol'skij V.V. Perspektivnye i neobhodimye napravleniya razvitiya normativnyh dokumentov v oblasti proektirovaniya stal'nyh konstrukcij / V.V. Nadol'skij // Perspektivnye napravleniya innovacionnogo razvitiya stroitel'stva i podgotovki inzhenernyh kadrov, sbornik nauchnyh statej XXII Mezhdunarodnogo nauchno-metodicheskogo seminaru ; Brest 29–30 sentyabrya 2022 goda / BrGTU; redkol.: S. M. Semenyuk [i dr.]. – Brest, 2022 – S. 133-145 s.
2. Nadolski V. On Development of Numerical Resistance Models of Thin-Web Steel Girders / V. Nadolski, J. Marková, V. Podymako, M. Sýkora // Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava. 2023. Vol. 23/1. pp. 12-19. DOI: 10.35181/tces-2023-0003.
3. Tur V.V. Konceptiya proektirovaniya stroitel'nyh konstrukcij na osnove chislennyh modelej soprotivleniya / V.V. Tur, V.V. Nadol'skij // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2022. – №6 (104) – S.78-90. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-104-6-78-90.
4. Nadol'skij V. V. Ocenka nesushchej sposobnosti balok s gofirovannoj stenкой metodom konechnykh elementov pri dejstvii lokal'noj nagruzki. /V. V. Nadol'skij, A.I. Vihlyayev // Vestnik MGSU. – 2022. – Т. 17. – Вып. 6. – С. 693–706. DOI: 10.22227/1997-0935.202.
5. Nadol'skij V.V. Ocenka raschetnogo znacheniya nesushchej sposobnosti stal'nyh elementov, proektiruemyh na osnove chislennyh modelej / V.V. Nadol'skij // Vestnik MGSU. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 367–378. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.3.367-378.
6. Nadol'skij V. V. Verifikaciya i validaciya komp'yuternoj vychislitel'noj modeli dlya proek-

tirovaniya stroitel'nyh konstrukcij / V. V. Nadol'skij // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. – 2024. – №2. – S. 42-50. DOI: 10.52928/2070-1683-2024-37-2-42-5.

7. Sal'nikov A.V. Verifikaciya i validaciya komp'yuternyh modelej / A. V. Sal'nikov, M. S. Francuzov, K. A. Vinogradov [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie. – 2022. – № 9(750). – S. 100-115. – DOI 10.18698/0536-1044-2022-9-100-115.

8. Nadol'skij V.V. Parametry chislennyh modelej nesushchej sposobnosti dlya stal'nyh elementov / V.V. Nadol'skij // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2023. – № 1(1). – S. 43-56. DOI: 10.33979/2073-7416-2023-105-1-43-56.

9. Martynenko T. M. Analiz prochnosti uzlovyh soedinenij pri razlichnyh ispolneniyah konstrukcii na osnove modelirovaniya v srede ANSYS / T. M. Martynenko, S. A. Pronkevich, I. M. Martynenko, V. A. Maksimovich // Mekhanika. Issledovaniya i innovacii, no. – 2022. – № 15. – S. 147-151.

10. Frolov A.V. Modelirovanie napryazhyonno-deformirovannogo sostoyaniya svarnykh soedinenij v ANSYS Mechanical / A. V. Frolov, M. V. Voronov, A. A. Medel'cev [i dr.] // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2022. – № 11. – S. 61-76.

11. Palaev, A. G. Modelirovanie raspredeleniya temperaturnyh polej i napryazhenij v svarnom soedinenii s primeneniem ANSYS / A. G. Palaev, V. V. Nosov, A. A. Krasnikov // Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov. – 2022. – T. 12, № 5, no. DOI 10.28999/2541-9595-2022-12-5-461-469.

12. Temis YU.M., Solov'eva A.V., ZHurenkov YU.N. i dr. Cifrovoj dvojniki ustanovki dlya ispytaniy centrobezhnogo kompressora malorazmernogo GTD. / YU. M. Temis, A. V. Solov'eva, YU. N. ZHurenkov [i dr.] // Aviacionnye dvigateli. – 2021. – № 1(10). – S. 5-16., DOI: 10.54349/26586061_2021_1_5.

13. Sal'nikov A.V., Gordin M.V., SHmotin YU.N. i dr. Cifrovye dvojniki — platforma dlya upravleniya zhiznennym ciklom aviacionnykh DOI doi: 10.18698/ 0536-1044-2022-4-60-72.

14. Nadol'skij V.V. Statisticheskie harakteristiki pogreshnosti chislennyh modelej nesushchej sposobnosti dlya stal'nyh elementov / V.V. Nadol'skij // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2023. – №3 (107) – S.17-34. DOI: 10.33979/2073-7416-2023-107-3-17-34.

15. Tur V.V. Metody ocenki koefficienta variacii nesushchej sposobnosti pri proektirovanii konstrukcij na osnove nelinejnyh konechno-elementnyh modelej / V. V. Tur, V. V. Nadol'skij // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2024. – № 4. – S. 64–74.

УДК 624.15:692.115

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

П. С. Пойта, д. т. н., профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: ppsbrest@mail.ru

Н. Н. Шалобыта, к. т. н., проректор по научной работе Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: nnshalobyta@mail.ru

Т. П. Шалобыта, к. т. н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, e-mail: t_shalobyta@mail.ru

Реферат

Данные инженерно-геологических изысканий в представляемых объемах и количественном определении отдельных характеристик грунтов недостаточны и не дают достоверной информации для проектирования фундаментов зданий и

сооружений. Особенно это характерно в случаях необходимости прогноза развития осадок фундаментов во времени. Рассмотрены также и другие аспекты, влияющие на качество подготовки оснований, отрывки котлованов, уплотнения грунтов из песчано-гравийных смесей при строительстве зданий в Юго-Западном микрорайоне г. Бреста. Поднятые в статье проблемы, по мнению авторов, характерны и для других строительных площадок.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, основание фундаментов, несущая способность грунта, гранулометрический состав грунта, напряженно-деформированное состояние, здание, проект, жесткость, прогиб.

Введение

Надежность оснований и фундаментов, стоимость работ по их устройству в значительной степени зависят от ряда факторов, правильная и достоверная оценка которых позволяет выбрать наиболее рациональное решение по виду оснований и фундаментов, их размеров, качеству выполняемых работ.

Разработка проекта, оптимальным образом удовлетворяющего условиям надежности основания и технологическим требованиям индустриальности, представляет собой часто трудную задачу. А учитывая тот факт, что в настоящее время все чаще используются территории под застройку с неблагоприятными геологическими условиями, в частности, с различными по мощности толщами слабых грунтов, залегающих на глубине, то задача достоверности полученных решений, обеспечивающих устойчивость или недопустимость развития деформаций, особенно их неравномерность, является важной и актуальной.

Решение задачи о выборе наиболее экономичного варианта при проектировании фундаментов требует рассмотрения ряда соответствующих вопросов. К ним относятся:

- объемы и достоверность результатов инженерно-геологических изысканий;
- выбор расчетной модели грунтового основания;
- возможные деформации грунтов основания и их прогноз во времени;
- способы производства земляных работ, возведения фундаментов, надфундаментных конструкций и др.

Таким образом, задача проектировщиков по выбору оптимального варианта фундаментов является комплексной и довольно сложной.

Учитывая это, на примере застройки Юго-Западного микрорайона (ЮЗМР-1) г. Бреста, проектируемая территория которого расположена в пойме р. Мухавец, нами обозначены некоторые проблемные вопросы, которые имели место на стадиях разработки проектно-сметной документации, подготовки территории под застройку, строительстве зданий, вводе их в эксплуатацию.

Территория ЮЗМР-1 г. Бреста в геологическом отношении представлена озерно-болотными и озерно-аллювиальными отложениями. Озерно-болотные отложения: пески от пылеватых до средних; супеси; суглинки с $I_L \geq 0,4-1,2$; торфы. По прочности глинистые отложения – слабые и средней прочности. Озерно-аллювиальные отложения представлены песками различной крупности, от пылеватых до крупных; супесями пластичными; суглинками мягкопластичными и текучими. Всего выделено 22 инженерно-геологических элемента.

В данных инженерно-геологических условиях ЮЗМР-1 ведется строительство, как правило, крупнопанельных зданий, высотой от 5 до 11 этажей.

По протяженности, эти здания односекционные, двух и даже трехсекционные. Для всех зданий в качестве фундаментов запроектированы сплошные железобетонные плиты толщиной $h = 500$ мм. Их размеры в плане почти квадратные (для односекционных зданий) и прямоугольные (для двух и трехсекционных зданий).

Часть озерно-болотных отложений, расположенных у поверхности, удаляется и выполняется подсыпка с использованием песчано-гравийных смесей мощностью 3,4–4,0 м.

Выполненные определения гранулометрического состава песчано-гравийных смесей в соответствии с [1, 2] показали их хорошую сходимость (рисунок 1).

Содержание частиц диаметром менее 0,16 мм составляет не более 7,0 %. Зерна гравия занимают от 12,0 до 15,0 %. Это означает, что песчано-гравийная смесь относится к природной, в которой содержание зерен гравия $>10,0$ %.

По классификации грунтов [3] песчано-гравийная смесь относится к разновидности песков гравелистых. Уплотняемость таких песков зависит от гранулометрической неоднородности, под которой понимают диапазон размеров слагающих их частиц, контролируемый различными параметрами неоднородности. Чем больше этот диапазон и абсолютная величина соответствующего параметра, тем больше гранулометрическая неоднородность песчано-гравийной смеси.

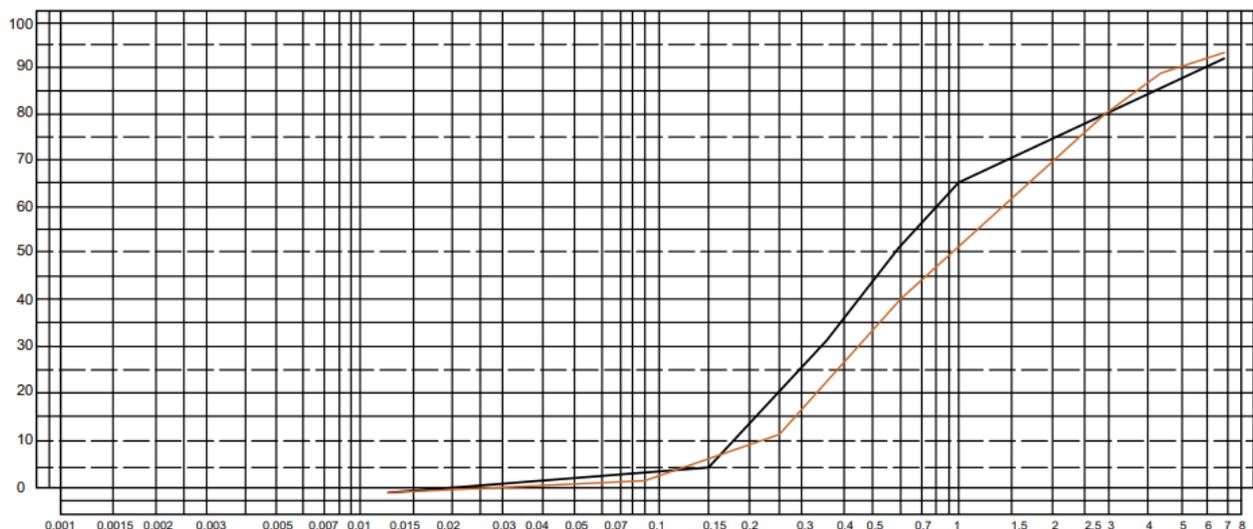


Рисунок 1 – Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси

Значения показателей, характеризующих гранулометрическую неоднородность песчано-гравийных смесей, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели неоднородности смесей

№	Наименование показателей	Значение показателей	
		выражение	пределы значений
1	Коэффициент неоднородности (Хазен)	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	6,0–6,86
2	Коэффициент сортировки (П.И. Фадеев)	$S_p = \frac{d_{90}}{d_{10}}$	27,75–37,8
3	Коэффициент сортировки (Траск)	$S_o = \frac{d_{75}}{d_{25}}$	7,11–4,87
4	Параметр неоднородности	$\Pi = d_{50} * \frac{d_{90}}{d_{10}}$	27,45–34,57

$$P_{\text{н}} = d_{50} * \frac{d_{95}}{d_5}$$

Из таблицы 1 видно, что коэффициенты неоднородности C_u различаются не более, чем в 1,14 раза, а коэффициенты сортировки по Траску – в 1,04 раза. Максимальное различие характерно для значений коэффициента сортировки по П. И. Фадееву и И. В. Дудлеру – соответственно, в 1,38–1,35 раза. По данным показателям используемые смеси относятся к категории повышенной неоднородности, что в значительной степени способствует их уплотняемости, следовательно, влияет на многие свойства и в частности, на плотность. Исходя из этого, принятый при проектировании фундаментов удельный вес уплотненной песчано-гравийной смеси $\gamma = 16,0 \text{ кН/м}^3$, является ничем не обоснованной, некорректной величиной, соответствующей коэффициенту пористости $e = 0,8$, т. е. по плотности сложения – рыхлым песчаным грунтам. Выполненные нами определения плотности песчано-гравийной смеси при коэффициенте уплотнения $K_{\text{com}} = 0,95$ показали, что $\rho = 1,92 \text{ г/см}^3$. Таким образом, очень важное значение при проектировании оснований и фундаментов имеют результаты контроля качества уплотняемых искусственных оснований.

Песчано-гравийные подушки, как правило, расположены на песчаных грунтах различной крупности средней прочности.

На глубине 6,0–6,5 м ниже подошвы фундамента обнаружены озерно-аллювиальные отложения: супеси и суглинки текучей консистенции $I_L \geq 0,7–1,21$; $e = 0,64–0,77$; $S_r = 0,99–1,0$. По СП 5.01.01-23 [4] такие грунты должны быть отнесены к специфическим, так как $I_L > 1,0$ и $S_r > 0,8$. Наличие таких грунтов в основании соответствует III категории его сложности и оказывает влияние на класс геотехнического риска условий строительства.

Вместе с тем такие грунты, находящиеся в верхней части сжимаемой толщи, будут оказывать влияние на выбор проектных решений фундаментов, эксплуатацию объектов. Более того, полученные значения I_L не соответствуют корреляционным зависимостям показателя текучести от удельного сопротивления грунта под наконечником зонда q_s , которое практически равно нулю [5]. Такое расхождение опытных данных, их нелогичность, по крайней мере, должна побуждать интерес у изыскателей к их анализу, объяснению нестыковок полученных результатов. Более того, при разработке проекта фундаментов зданий данные грунты не являются их основаниями, хотя расположены в пределах сжимаемой толщи. Учитывая изменение их мощности от 0,2–0,3 м до 1,6–1,8 м в пределах пятна здания, их влияние на развитие деформаций основания, в том числе неравномерных, очевидно. Качественное и количественное описание картины деформирования грунтового основания зависит от присутствия многих факторов, важнейшими из которых является неоднозначность сведений о геологическом строении основания, его неоднородности, анизотропии жесткостных характеристик, фильтрационной способности, поведении при значительных нагрузках и т. д.

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать уточнение и дополнение уже имеющихся или получение новых материалов и данных, необходимых для разработки строительного проекта, прогноза изменений инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации объектов [6].

Расчеты оснований и фундаментов в настоящее время выполняют, исходя из предположения, что инженерно-геологические изыскания дают подробную и

достоверную информацию о физико-механических характеристиках грунтов природного и искусственного происхождения, определенных, как правило, по результатам прямых испытаний с учетом возможного изменения их свойств в процессе строительства, эксплуатации зданий и сооружений, а также при изменении гидрологического режима.

Однако это предположение несостоятельно, так как подробный анализ инженерно-геологических изысканий, выполненных по ряду объектов в России, показал их недостаточность, неопределенность и скудность данных о свойствах грунтов, а также весьма приблизительный характер ряда действий, выполняемых изыскателями [7, 8]. В своей работе Е. А. Вознесенский и А. В. Брушков [8] отмечают: «Известно, что данные инженерно-геологических изысканий... для строительного проектирования сооружений обладают большой неопределенностью, во многом ошибочны и нередко полностью или частично надуманы». И с этим утверждением очень трудно не согласиться, так как требования технических нормативных и правовых документов, действующих в Республике Беларусь и Российской Федерации, определяющих основные требования к инженерно-геологическим изысканиям, в основном, синхронизированы либо одинаковы полностью. А это означает, что проблемы испытаний малых объемов грунта, статистической обработки результатов испытаний, их экстраполяции на все основание, выделяя «однородные» по составу инженерно-геологические элементы (ИГЭ) при отсутствии проверки повторяемости результатов испытаний даже в близких точках, низкой оплаты изыскательских работ, являются очень важными и актуальными [7, 8].

Важность всех отмеченных выше проблемных вопросов очевидна, так как все расчеты оснований и фундаментов выполняются исходя из предположения о достоверности и однозначности результатов инженерно-геологических изысканий [12, 13].

Как отмечает профессор А. Г. Шашкин: «Слабые глинистые грунты обладают отвратительным свойством: при любом взаимодействии в них нарушаются структурные связи. В результате они теряют свойства квазитвердого тела и норовят превратиться в вязкую жижу. Строительные свойства глинистых грунтов определяются их составом, строением и структурными особенностями. Их следует рассматривать как совокупность различных твердых минеральных частиц, составляющих скелет грунта и пор между ними, заполненных жидкостью и газами. Соотношение составляющих этих факторов и определяет строительные свойства таких грунтов» [9]. Следовательно, наличие таких грунтов в пределах сжимаемой толщи оказывает существенное влияние на развитие осадок во времени. Водонасыщенные пластичные, текуче-пластичные и особенно текучие глинистые грунты дают большие осадки, часто весьма медленно затухающие во времени. Результаты многолетних наблюдений за осадками эксплуатируемых зданий показывают их изменение от 0,5 мм/год до 4,0–5,0 мм/год в зависимости от их местоположения (наличия в близости набережных, метро, и удалении от таких мест) в течение двух-трех веков после их возведения [9]. А это означает, что прогноз изменения осадок во времени, вызванных первичной и вторичной консолидацией, имеет очень большое значение. Для выполнения такого прогноза необходимо знать такие параметры, как коэффициент фильтрации K_f , коэффициент консолидации C_v , параметр ползучести грунтов b_k . Однако по различным причинам эти важнейшие параметры грунтов не определяются.

Исключением являются песчаные грунты, для которых даются только пределы изменения K_f . Для пылеватых песков этот параметр уже часто не определяется. Ряд изыскательских организаций нормативные значения плотности песков вычисляют по полученным значениям природной влажности, определенной в лабораторных условиях и коэффициенте пористости, принятого как средневзвешенное значение удельного сопротивления грунта под наконечником зонда q_s . Показатели физических свойств глинистых грунтов определяют лабораторными методами. Отсюда следует, что непосредственным испытанием определяются весьма скудный перечень характеристик грунтов. В тоже время нормативные документы [10] указывают, что лабораторные исследования должны моделировать работу грунта в основании здания в условиях меняющегося напряженно-деформированного состояния. «Деформационные, прочностные и фильтрационные характеристики обводненных слабых грунтов (илы, биогенные, глинистые грунты с $I_L > 0,75$) следует определять с учетом НДС грунтового массива в диапазоне, действующих в основании здания напряжений, при малых ступенях загрузки на образцах, испытанных как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Испытания должны предусматривать консолидацию образцов грунта и учет истории нагружения, объема грунта в натуре.» [4, 10]. Сравнение показателей, которые должны определяться полевыми и лабораторными методами с фактически определенными, далеко не в пользу требований соответствующих нормативных документов. А это, в свою очередь, влияет на качество принимаемых решений, так как недостаточность, либо неопределенность исходной информации, характеризующей основание в целом и каждого слоя грунта в отдельности, резко снижает объективность, достоверность, представительность получаемых результатов.

Особенностью подготовки оснований под строительство фундаментов является устройство значительного по мощности (до 4,0 м) искусственного основания из песчано-гравийной смеси. Уплотнение этого слоя осуществляется катками. Здесь основное внимание должно быть уделено послойному уплотнению грунта до требуемой плотности $K_{com} = 0,95$. Для вытянутых в плане зданий этих вопросы решаются на удовлетворительном уровне. Однако для односекционных многоэтажных зданий форма котлована в плане практически квадратная, с длинной стороны не более 18,0 м и глубиной котлована 3,5–4,0 м от поверхности. Доставка песчано-гравийной смеси в котлован, ее послойная укладка, уплотнение, влекут за собой дополнительный объем работ по устройству подъездных путей, съездов в котлован. А это отражается на увеличении сроков устройства искусственного основания, росте трудоемкости. Пренебрегая жестким выполнением требований проекта производства земляных работ, часто отсыпка песчано-гравийной смеси производится слоями мощностью 1,0 м и более. Ввиду ограниченности размеров котлована краевые участки насыпи по его периметру, как правило, недоуплотнены. Все эти моменты, очевидно, способствуют развитию осадок строящихся зданий. С другой стороны, недоуплотнение краевых зон искусственного основания, как показали наши исследования, способствуют уменьшению неравномерности деформации осадок [11]. Но здесь большое значение имеют размеры краевых зон, где предполагается другое значение плотности, и, следовательно, модули деформации. Факторы, способствующие выравниванию деформации зданий, необходимо учитывать на стадии проектирования фундаментов. Пренебрежение требованиями проекта при подготовке котлована способству-

ет только увеличению неравномерности осадок проектируемого здания.

При строительстве фундаментов зданий и сооружений на основаниях с входящими в их состав искусственно уложенными грунтами и имеющимися на глубине, в пределах сжимаемой толщи, специфическими отложениями, важным является учет следующих факторов:

- случайной неоднородности грунтов основания;
- подъема дна котлована;
- глубины сжимаемой толщи грунта и др.

Некоторые из этих факторов рассмотрены выше. Самым важным, очевидным и легко характеризваемым из них, является подъем дна котлована. Эскавация грунта при производстве работ по устройству котлована, вызывает разуплотнение нижерасположенного грунта в результате снятия нагрузки. А это вызывает подъем дна котлована, величина которого зависит от его глубины, размеров в плане, механических характеристик грунта, характера напластования грунтов, длительности выполнения работ по эскавации и возведения конструкции здания. Очевидно, что грунт в центральной части котлована разуплотнен больше, чем в краевой, следовательно, его осадка будет большей. А это негативно сказывается на напряженно-деформируемом состоянии фундаментной плиты. Разуплотнение дна котлована после выемки грунта свидетельствует о том, что в уровне дна природное давление практически равно нулю, т. е. $\sigma_{zq} = 0$. Тогда осадка фундамента будет определяться с учетом доли осадки S_1 , при увеличении напряжения от исходного напряженного состояния до напряженного состояния, соответствующему природному давлению σ_{zq} и доли осадки S_2 при росте напряжения от σ_{zq} до его полного значения. Такая корректировка в расчетах осадок маловероятна. Поэтому, для исключения влияния подъема дна котлована на развитие неравномерных осадок требуется выполнение требований нормативных документов [4, 10, 12], т. е. возведение фундаментов необходимо начинать сразу после отрывки котлована, а не делать разрывы по времени между окончанием подготовки котлована и устройством фундамента, равные неделям и даже месяцам.

Выводы

Учет некоторых упомянутых выше проблемных вопросов, имеющих место, начиная со стадии инженерно-геологических изысканий и завершая окончанием строительства объекта, позволит принимать экономичные решения, реально отражающие работу грунта основания и проектируемого здания.

1. Расчеты деформаций оснований зданий и сооружений зависят от достоверности и полноты результатов инженерно-геологических изысканий, что в настоящее время затруднительно выполнить, так как это требует вложения дополнительных, весьма существенных финансовых средств.

2. При устройстве искусственных оснований, особенно при использовании песчано-гравийных смесей, хорошо уплотняемых, следует осуществлять строительный контроль за процессом послойной укладки грунта независимо от размеров котлована в плане.

3. Физико-механические характеристики искусственных оснований следует определять по результатам их испытаний в лабораторных и полевых условиях.

4. При значительном разбросе опытных данных необходимым является проведение их анализа, объяснение нелогичности их изменения, и выработка предложений, рекомендаций по их использованию.

5. При производстве земляных работ по устройству котлованов недопусти-

мым является временной разрыв между сроками подготовки котлована и началом строительства здания. В противном случае необходима корректировка расчета осадки фундамента.

Список использованных источников

1. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава : ГОСТ 12536-2014. – Взамен ГОСТ 12536-79 ; введ. 01.07.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 19 с.

2. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний : ГОСТ 8269.0-97. – Введ. 01.07.1998. – Москва : ГУП ЦПП, 1998. – 109 с.

3. Грунты. Классификация : ГОСТ 25100-2020. Взамен ГОСТ 25100-2011; введ. 01.01.2021. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 38 с.

4. Общие положения по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений = Агульняы палажэнні па праектаванню асноў і фундаментаў будынкаў і збудаванняў: СП 5.01.01-23. – Введ. 27.02.2023. – Минск : Минстройархитектуры, 2023. – 144 с.

5. Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения = Трываласныя і дэфармацыйныя характарыстыкі грунтоў па даных статычнага заздзіравання і пенетрацыйнага каратажу. Правілы вызначэння: ТКП 45-5.01-15-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь: Минсктипроект, 2006. – III, 21 с.

6. Инженерные изыскания для строительства = Інжынерныя вышуканні для будаўніцтва : СН 1.02.01-2019. – Введ. 26.12.2019. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 109 с.

7. Барвашов, В. А. «Мягкая математика» в геотехнических расчетах / В. А. Барвашов, Г. Г. Болдырев // Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения (материалы докладов научно-практической конференции) / М. : Геомаркетинг. – 2017. – С. 203–221.

8. Вознесенский, Е. А. Методы изучения грунтов при инженерно-геологических изысканиях и геокриологических исследованиях. Состояние вопроса / Е. А. Вознесенский, А. В. Брушков // Инженерные изыскания. – 2014. – № 7. – С. 10–15.

9. Шашкин, А. Г. Проектирование зданий и подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга / А. Г. Шашкин. – М. : Геомаркетинг, 2014. – 351 с.

10. Фундаменты плитные. Правила проектирования = Падмуркі плітныя. Правілы праектавання : ТКП 45-5.01-67-2007 (20250). – Введ. 01.09.2007. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 136 с.

11. Poita, P. S. Multi-storeyed building slab foundation settlement / P. S. Poita, N. N. Shalobyta, T. P. Shalobyta, E. N. Shalobyta // Vestnik BrGTU. – 2023. – № 3 (132) – P. 11–14.

12. Чайкин, А. А. О взаимодействии изыскательских и проектных организаций и о геотехнической экспертизе в условиях отмены обязательного применения СНиПов / А. А. Чайкин, Р. С. Зиангиров, Д. И. Эппель // Информационный сборник Мособлэкспертизы – 2007 – № 3 – С. 47–52.

13. Alshibli, K. Update of Correlations between Cone Penetration and Boring Log Data / K. Alshibli, A. M. Okeil, B. Alramahi // Technical Report № FHWA/LA. 08/439. – Baton Rouge, LA, 2008 – 172 p.

14. Егоров, К. Е. Фактические осадки высотных зданий и сравнение их с расчетными / К. Е. Егоров, Б. П. Попов, И. Г. Кузьмин // материалы к IV Междунар. конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению / М. : Академия наук СССР. – 1957.

References

1. GOST 12536-2014. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava. – Moskva. – Standartinform – 2015 – 19 s.

2. GOST 8269.0 – 97. Sheben i gravij iz plotnyh gornyh porod i othodov promyshlennogo proizvodstva dlya stroitelnyh rabot. Metody fiziko-mehaničeskikh ispytanij. – M.: GUP CPP – 1998. Standartinform – 2018 – 109 s.

3. GOST 25100-2020. Grunty. Klassifikaciya. – M.: Standartinform – 2020 – 38 s.

4. SP 5.01.01-23. Stroitelnye pravila Respubliki Belarus / Obshie polozheniya po proektirovaniyu osnovanij i fundamentov zdanij i sooruzhenij. – Minsk, Minstrojarhitektury RB. – 144 s.

5. ТКП 45-5.01-15-2005 (02250). Prochnostnyye i deformacionnyye harakteristiki gruntov po dannym

- statische sondirovaniya penetracionnogo karotazha. – Minsk, Minstrojarhitektury RB. – 2006 – 21 s.
6. SN 1.02.01-2019. Stroitelnye normy Respubliki Belarus / Inzhenernye izyskanie dlya stroitelstva – Minsk. Minstrojarhitektury, 2020 – 109 s.
7. Barvashov V.A, Boldyrev G.G. «Myagkaya matematika» v geotekhnicheskikh raschetah / Inzhenerno-geologicheskie zadachi sovremennosti i metody ih resheniya (materialy dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii) / M.: Izdatelstvo «Geomarketing». 2017. – S. 203-221.
8. Voznesenskij E.A., Brushkov A.V. Metody izucheniya gruntov pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyah i geokriologicheskikh issledovaniyah. Sostoyanie voprosa // Inzhenernye izyskaniya. – 2014. №7. – S. 10-15.
9. Shashkin, A.G. Proektirovanie zdaniy i podzemnyh sooruzhenij v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyah Sankt-Peterburga / A.G. Shashkin. - M. : Geomarketing, 2014. - 351 s.
10. TKP 45-5.01-67-2007 (20250). Fundamenty plitnye. Pravila proektirovaniya. – Minsk, Minstrojarhitektury RB, 2008. – 136 s.
11. Poita, P.S. Multi-storeyed building slab foundation settlement / P.S. Poita, N.N. Shalobyta, T.P. Shalobyta, E.N. Shalobyta / Brest Vestnik BrGTU. – 2023. – №3 (132) – p. 11-14.
12. Chajkin A.A., Ziangirov R.S. Eppel D.I. O vzaimodejstvii izyskatelskikh i proektnykh organizacij i o geotekhnicheskoy ekspertize v usloviyah otmeny obyazatel'nogo primeneniya SNIPOV // Informacionnyj sbornik Mosoblekspertizy – 2007 - №3 – s. 47-52.
13. Alshibli K.A., Okeil A.M., Alramahi B. Update of Correlations between Cone Penetration and Boring Log Data: Technical Report № FHWA/LA. 08/439. Baton Rouge, LA, 2008 – 172 r.
14. Egorov K.E., Popov B.P. Kuzmin I.G. Fakticheskie osadki vysotnykh zdaniy i sravnenie ih c raschetnymi // Materialy k IV Mezhdunarodnomu kongressu po mehanike gruntov i fundamentostroeniyu / M.: Akademiya nauk SSSR. – 1957.

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Сборник статей
международной научно-практической конференции
Часть 2

Ответственный за выпуск: Шалобыта Н. Н.
Редактор: Винник Н. С.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.
Корректор: Северянина А. Г.

ISBN 978-985-493-645-1



9 789854 936451

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 20.12.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 16,74. Уч. изд. л. 18. Заказ № 1251.

Тираж 166 экз. Печать цифровая. Изготовлено
и отпечатано в типографии учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.