

АСТ

ISSN 2782-232X (print)
ISSN 2713-0770 (online)

АРХИТЕКТУРА СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТ

ARCHITECTURE • CONSTRUCTION • TRANSPORT



№ 4 (98)
2021

16+

Научно-информационный журнал «Архитектура, строительство, транспорт» посвящен рассмотрению широкого круга вопросов теоретического и практического характера, направленных на решение проблем в области архитектуры, строительства и транспорта. Цель журнала – создать доступное информационно-коммуникационное пространство для обсуждения новых знаний, подходов в данных сферах и внедрения научных и технических достижений в практику.

The scientific and information journal "Architecture, Construction, Transport" ("Arkhitectura, stroitel'stvo, transport") addresses a wide range of theoretical and practical issues aimed at solving problems of architecture, construction, and transport. The purpose of the journal is to create an accessible information and communication space for discussing new knowledge and approaches in these areas and introducing scientific and technical achievements into practice.

Журнал выходит 4 раза в год

Наименование и содержание рубрик журнала соответствуют отраслям науки и группам специальностей научных работников Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

- 2.1.1 Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 2.1.2 Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)
- 2.1.3 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 2.1.4 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов (технические науки)
- 2.1.5 Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 2.1.8 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)
- 2.1.9 Строительная механика (технические науки)
- 2.1.11 Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура, технические науки, искусствоведение)
- 2.1.12 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура, технические науки)
- 2.5.5 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 2.5.6 Технология машиностроения (технические науки)
- 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки)
- 2.5.21 Машины, агрегаты и технологические процессы (технические науки)
- 2.6.17 Материаловедение (по отраслям)
- 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)

The journal is published 4 times a year

The name and content of the journal sections correspond to the branches of science and groups of specialties of scientific workers according to the Nomenclature of Scientific Workers' Specialties for which academic degrees are awarded.

- 2.1.1 Construction structures, buildings and facilities (engineering sciences)
- 2.1.2 Bases and foundations, underground structures (engineering sciences)
- 2.1.3 Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and illumination (engineering sciences)
- 2.1.4 Water supply sewerage, construction systems for water resources protection (engineering sciences)
- 2.1.5 Construction materials and products (engineering sciences)
- 2.1.8 Design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels (engineering sciences)
- 2.1.9 Structural mechanics (engineering sciences)
- 2.1.11 Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture, engineering sciences, art history)
- 2.1.12 Architecture of buildings and structures. Creative conceptions of architectural activity (architecture, engineering sciences)
- 2.2.5 Technology and equipment for mechanical, physical and technical processing (engineering sciences)
- 2.5.6 Machine-building technology (engineering sciences)
- 2.5.11 Ground transport and technological means and complexes (engineering sciences)
- 2.5.21 Machines, aggregates and technological processes (engineering sciences)
- 2.6.17 Materials science (by industry)
- 2.9.5 Operation of motor transport (engineering sciences)

Учредители журнала

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (издатель)
Главное управление строительства Тюменской области

Редакционная коллегия

Мальцева Татьяна Владимировна, д. ф.-м. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень – **главный редактор**

Асенов Асен Цветанов, PhD, доцент, Русенский университет имени Ангела Кынчева, Русе (Болгария)

Барсуков Владимир Георгиевич, д. т. н., доцент, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно (Республика Беларусь)

Бартоломей Леонид Адольфович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Бородинец Анатолий Викторович, д. т. н., профессор, Рижский технический университет, Рига (Латвия)

Ватин Николай Иванович, д. т. н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

Волков Андрей Анатольевич, д. т. н., профессор, член-корреспондент РААСН, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва

Грдич Зоран, д. т. н., профессор, Нишский университет, Ниш (Сербия)

Гунасекаран Мурали, PhD, доцент, Университет SASTRA, Танджавур (Индия)

Захаров Николай Степанович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ковенский Илья Моисеевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Мамян Заруи Генриховна, кандидат архитектуры, профессор, Национальный университет архитектуры и строительства Армении, Ереван (Армения)

Миронов Виктор Владимирович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Менендес Пидаль Игнасио, PhD, профессор, Политехнический университет Мадрида, Мадрид (Испания)

Мерданов Шахбуба Магомедкеримович, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Овчинников Игорь Георгиевич, д. т. н., профессор, действительный член Академии транспорта РФ, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь

Панфилов Александр Владимирович, кандидат архитектуры, доцент, Департамент строительства, архитектуры и земельных отношений Администрации города Салехарда, Салехард

Райчик Марлена, д. т. н., профессор, Ченстоховский технологический университет, Ченстохова (Польша)

Сепехри Мехран, PhD, доцент, Технологический университет имени Шарифа, Тегеран (Иран)

Сладковски Александр Валентинович, д. т. н., профессор, Силезский технический университет, Катовице (Польша)

Соколов Владимир Григорьевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Тарасенко Александр Алексеевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Ци Чэнчжи, д. ф.-м. н., профессор, Пекинский университет гражданского строительства и архитектуры, Пекин (Китай)

Чекардовский Михаил Николаевич, д. т. н., профессор, Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Редакционный совет

Набоков Александр Валерьевич, к. т. н., доцент, директор Строительного института, Тюменский индустриальный университет – **председатель**

Перевалов Павел Анатольевич, начальник Главного управления строительства Тюменской области

Кучерявый Алексей Александрович, директор ГАУ Тюменской области «Управление государственной экспертизы проектной документации»

Малышкин Александр Петрович, к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет

Нанак Виктор Николаевич, первый заместитель директора АО «ЮТЭК региональные сети»

Бабийчук Михаил Владимирович, председатель Правления СРО Союз «Строители ЯНАО»

Табанакоев Андрей Владимирович, председатель Тюменского отделения Союза архитекторов России

Воронцов Вячеслав Викторович, к. т. н., доцент, проректор Государственного аграрного университета Северного Зауралья

Редакция

Маслова Евгения Анатольевна – редактор
Николаева Юлия Юрьевна – редактор
Николюк Светлана Анатольевна – дизайнер

Адрес редакции

625001, Тюмень, ул. Луначарского, 2, к. 117
Тюменский индустриальный университет
Телефон (3452) 28-37-50, e-mail: ast@tyuiu.ru

Адрес издателя

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38
Тюменский индустриальный университет
Телефон (3452) 28-35-91

Дата выхода: 22.12.2021
Цена свободная

Отпечатано в типографии ООО «Печатник»
625026, г. Тюмень, ул. Республики, 148, корп. 1/2, телефон: (3452) 20-33-86

Journal Founders

FSBEI HE «Industrial University of Tyumen» (publisher) General Administration of Construction of the Tyumen region

Editorial Board

Tatyana V. Maltseva, D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen – **editor-in-chief**

Asen Ts. Asenov, PhD, Associate Professor, «Angel Kanchev» University of Ruse, Ruse (Bulgaria)

Vladimir G. Barsukov, D. Sc. in Engineering, Associate Professor, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno (Republic of Belarus)

Leonid A. Bartolomey, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Anatoliy V. Borodinec, D. Sc. in Engineering, Professor, Riga Technical University, Riga (Latvia)

Nikolay I. Vatin, D. Sc. in Engineering, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Andrey A. Volkov, D. Sc. in Engineering, Professor, Corresponding Member of the RAACS, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Zoran Grdić, D. Sc. in Engineering, Professor, University of Niš, Niš (Serbia)

Murali Gunasekaran, PhD, SASTRA Deemed to be University, Thanjavur (India)

Nikolay S. Zakharov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Ilya M. Kovenskiy, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Zarui G. Mamyan, C. Sc. in Architecture, Professor, National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan (Armenia)

Viktor V. Mironov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Ignacio Menendez Pidal, PhD, Professor, Madrid Polytechnic University, Madrid (Spain)

Shakhbuba M. Merdanov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Igor G. Ovchinnikov, D. Sc. in Engineering, Professor, Full Member of the Academy of Transport of Russian Federation, Perm National Research Polytechnic University, Perm;

Alexander V. Panfilov, C. Sc. in Architecture, Associate Professor, Department of Construction, Architecture and Land Relations of the Administration of Salekhard, Salekhard

Marlena Rajchik, D. Sc. in Engineering, Professor, Czestochowa University of Technology, Czestochowa (Poland)

Mehran Sepehri, PhD, Associate Professor, Sharif University of Technology, Tehran (Iran)

Alexander V. Sladkovski, D. Sc. in Engineering, Professor, Silesian University of Technology, Katowice (Poland)

Vladimir G. Sokolov, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Alexander A. Tarasenko, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Chengzhi Qi, D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing (China)

Mikhail N. Chekardovski, D. Sc. in Engineering, Professor, Industrial University of Tyumen, Tyumen

Editorial Council

Alexander V. Nabokov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Director of the Construction Institute, Industrial University of Tyumen – **Chairman**

Pavel A. Perevalov, Head of the General Administration of Construction of the Tyumen region

Alexey A. Kucheryavy, Director of the State Autonomous Institution of the Tyumen Region "Department of State Expertise of Project Documentation"

Alexander P. Malyshkin, C. Sc. in Engineering, Associate Professor at the Department of Building Constructions, Industrial University of Tyumen

Viktor N. Nanaka, First Deputy Director of "UTEK-RS" JSC

Mikhail V. Babychuk, Chairman of the Board of the SRO Soyuz "Stroiteli YaNAO"

Andrey V. Tabanakov, Chairman of the Tyumen Branch of the Union of Architects of Russia

Vyacheslav V. Vorontsov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Vice-rector of the Northern Trans-Ural State Agricultural University

Edition

Evgeniya A. Maslova – editor
Yuliya Yu. Nikolaeva – editor
Svetlana A. Nikolyuk – designer

Editorial office

625001, Tyumen, 2 Lunacharskogo St., office 117
Industrial University of Tyumen
Phone (3452) 28-37-50, e-mail: ast@tyuiu.ru

Publisher address

625000, Tyumen, 38 Volodarskogo St.
Industrial University of Tyumen
Phone (3452) 28-35-91

Содержание

Архитектура

Т. В. Москалева, Е. И. Волынец, А. Б. Храмцов

Архитектура жилых домов с административной функцией в городе Тюмени
на рубеже XIX–XX веков 6

И. В. Есауленко

Перспективы развития высотного деревянного домостроения в России
на примере зарубежного опыта 17

Строительство

А. Г. Жулин, О. В. Сидоренко, Л. В. Белова, М. М. Валова

К обоснованию технологической схемы станций водоочистки
Северной зоны Тюменского региона 26

В. Д. Гейдт, Л. В. Гейдт, А. В. Гейдт

Расчет консолидации грунтов с учетом всех основных параметров,
влияющих на данный процесс 34

Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина

Моделирование и учет зон упрочнения стальных тонкостенных профилей в ПК ANSYS 44

А. В. Квитко, В. А. Шендрик

К вопросу о причинах образования дефектов в конструктивных элементах сооружений 52

Транспорт

А. А. Тестешев, Т. Г. Бабич

Идентификация объектов городской инфраструктуры при дистанционном спутниковом
зондировании транспортных потоков на улицах с нерегулярным движением 60

А. В. Маняшин

Методология исследования городских ездовых циклов автомобилей 67

А. В. Сарбей, Н. С. Захаров

Влияние наработок на отказ на показатели безотказности элементов трансмиссии
специальных грузовых автомобилей нефтегазодобывающего предприятия 74

А. С. Лоренц

Улучшение эксплуатационных свойств ГРМ тепловых ДВС 83

Информация для авторов

Правила подготовки рукописи (на русском языке) 90

Правила подготовки рукописи (на английском языке) 92

Люди, события, факты

Кафедра инженерных систем и сооружений: объединяя усилия
(интервью с О. В. Сидоренко) 94

Contents

Architecture

T. V. Moskaleva, E. I. Volynets, A. B. Khramtsov

Architecture of residential buildings with administrative function
in the city of Tyumen at the turn of the XIX–XX centuries 6

I. V. Esaulenko

Prospects for the development of high-rise wooden housing construction
in Russia on foreign experience 17

Construction

A. G. Zhulin, O. V. Sidorenko, L. V. Belova, M. M. Valova

Justification of the technological scheme of water treatment plants
in the Northern zone of the Tyumen region 26

V. D. Geidt, L. V. Geidt, A. V. Geidt

Calculation of soil consolidation taking into account all major parameters affecting this process 34

N. D. Korsun, D. A. Prostakishina

Modeling and accounting of strengthening zones of thin-walled steel profiles in ANSYS 44

A. V. Kvitko, V. A. Shendrik

To the issue of the causes of defects in the constructive elements of buildings 52

Transport

A. A. Testeshev, T. G. Babich

Identification of urban infrastructure objects using the remote satellite sensing
of traffic flows on streets with irregular traffic 60

A. V. Manyashin

Research methodology for urban vehicle driving cycles 67

A. V. Sarbey, N. S. Zakharov

Effect of mean time between failures (MTBF) on uptime indexes
of specialty trucks transmission elements of an oil and gas production enterprise 74

A. S. Lorents

Improving of operating properties of the gas distributing mechanism
of internal combustion engine 83

Instructions for Authors

Manuscript preparation guidelines (In Russian) 90

Manuscript preparation guidelines (In English) 92

People, Events, Facts

The Department of Engineering Systems and Structures: joining efforts

(interview with O. V. Sidorenko) 94

АРХИТЕКТУРА ЖИЛЫХ ДОМОВ С АДМИНИСТРАТИВНОЙ ФУНКЦИЕЙ В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ НА РУБЕЖЕ XIX–XX ВЕКОВ

Т. В. Москалева¹, Е. И. Волынец², А. Б. Храмцов²

¹ Уральский государственный архитектурно-художественный университет,
Екатеринбург, Россия

² Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

ARCHITECTURE OF RESIDENTIAL BUILDINGS WITH ADMINISTRATIVE FUNCTION IN THE CITY OF TYUMEN AT THE TURN OF THE XIX–XX CENTURIES

Tatyana V. Moskaleva¹, Ekaterina I. Volynets², Alexander B. Khramtsov²

¹ Ural State University of Architecture and Art, Yekaterinburg, Russia

² Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В работе рассматриваются жилые дома с административной функцией (конторской, торговой, банковской и другими) конца XIX – начала XX века в городе Тюмени. Анализируются планировочные решения и архитектурно-декоративные детали данных объектов исторической застройки города. Установлено, что такие жилые дома преимущественно строились двухэтажными (первый этаж для работы, второй для проживания владельца), из кирпича и камня, а в оформлении фасадов имелись общие характерные черты: симметричный парадный фасад, геометрический аттик на центральной оси парадного фасада, а также широкий пояс, разделяющий этажи. Большинство таких объектов сохранились до наших дней, однако изначальную административную функцию утратили.

Abstract. The work considers residential buildings with administrative functions (office, commercial, banking, etc.) in the city of Tyumen of the late XIX – early XX centuries. Planning solutions and architectural and decorative details of these objects of the city's historical development are analyzed. It is established that there were mostly brick and stone two-storied residential buildings (the first floor for work, the second for the owner's living). In addition, there were common features in the facades design: the symmetrical front facade, the geometric attic on the central axis of the front facade, as well as the wide belt separating the floors. Most of these objects have survived until nowadays, but they have lost their original administrative function.

Ключевые слова: жилые дома, архитектура, административная функция, историческая застройка, градостроительство

Key words: residential buildings, architecture, administrative function, historical development, urban planning

Введение

Тюмень в XIX веке была типичным сибирским купеческим городом, население которого состояло из мещан, ремесленников, купцов и небольшой прослойки местных дворян и чиновников. Развитие получили лесная и рыбная промышленность, кожевенное и коврово-ткацкое производство, судостроение. В Тюмени работали отделение Государственного, Сибирский торговый и Городской общественный банки, а также филиалы других. В 1897 году численность городского населения составляла 29 554 человека. Благодаря деятельности местных купцов, их участию в ярмарках и базарах, формировалась торговая и жилая инфраструктура поселений [1]. В городе осуществляли свою деятельность (торговую, промышленную, банковскую и пр.) различные фирмы и товарищества, зачастую объединявшиеся в торговые дома. В 1895-м насчитывалось тринадцать фирм, годом позднее – шестнадцать, еще через год – семнадцать, в 1903-м – тринадцать, восемнадцать в 1904 году, а в 1913-м их

было уже двадцать четыре. Количество менялось в связи с объединением торговых фирм или созданием новых [2]. С течением времени их число устойчиво возрастало, что говорит о существенном росте уровня жизни населения, становлении города и превращении его в крупный административный центр.

Предмет и методы исследования

Предмет данной работы – формирование архитектуры жилых домов с административной функцией в конце XIX – начале XX века (на примерах данных строений в городе Тюмени). В ходе работы использовался широкий спектр методов научного познания: общелогические методы (анализ, синтез, аналогия и обобщение), историко-сравнительный, хронологический, стилистический анализ, визуализация и метод графической реконструкции. Проведен анализ карт Тюмени 1905 и 1941 годов, на которых представлены жилые дома с административной функцией (рис. 1).

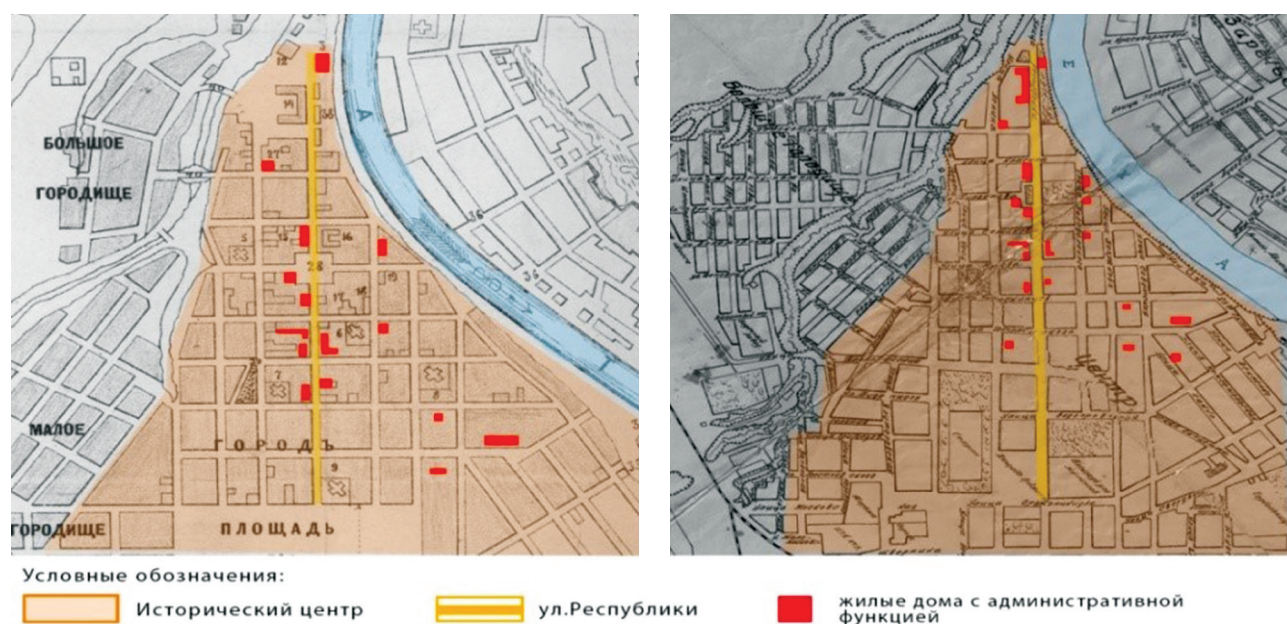


Рис. 1. Фрагменты карт города 1905 (слева) и 1941 (справа) годов

Результаты

Жилой дом с административной функцией – здание, сочетающее в себе жилую функцию и дополнительную: торговую, банковского дела и иных предприятий. Как правило, такие здания имеют два этажа, верхний отведен под жилое пространство, а нижний – под общественное. Внешний облик зданий отличается симметричной композицией главного фасада, которая поддерживается аттиком. Входная группа на парадном фасаде оформляется геометричными элементами, а многослойные ступенчатые карнизы, венчающие здания, разделяют этажи. Строения такого типа в основном возводились

из кирпича и камня, что в XX веке считалось престижным и безопасным.

Анализ основных черт жилых домов с административной функцией позволяет разделить их на несколько видов. На рис. 2 представлена авторская классификация рассматриваемых зданий, основанная на главных функциях и декоративных особенностях оформления.

В **первом виде** жилых домов кроме торговых рядов и жилья располагалась контора. Здания этой группы имели коридорный или смешанный тип планировки и прямоугольный план, что помогало функционально размещать торговые лавки вдоль всего главного фасада и разделять

	Функциональное наполнение	Объекты	Планировки
1	1 этаж  торговая функция 2 этаж  кабинет и контора  жилое пространство	 Дом А. Ф. Аверкиева (Республики, 19)	 Планировка имеет коридорный тип
		 Дом П. П. Воробейчиковой – Н. Ю. Ядрышниковой (Республики, 17)	 Планировка имеет смешанный тип
		 Дом с магазинами усадьбы купцов Колмаковых (Республики, 44)	 Планировка имеет коридорный тип
		 Почтовая контора (Республики, 12)	 Планировка имеет центрический тип композиции
		 Дом Ш. М. Оверштейна (Республики, 28)	
2	1 этаж  кабинет и контора 2 этаж  жилое пространство	 Дом В. С. Поповой (Володарского, 7)	 Планировка имеет коридорный тип
		 Дом А. П. Россошных (Володарского, 20)	
		 Дом Н. И. Давыдовского (Семакова, 11)	 Планировка имеет центрический тип композиции
3	1 этаж  культурно-развлекательное пространство  доходный дом 2 этаж  жилое пространство	 Дом И. С. Прасолова (25 лет Октября, 13)	 Планировка относится к анфиладному типу
		 Дом И. П. Войнова – А. А. Багаева (Республики, 13)	 Планировка имеет коридорный тип

Рис. 2. Виды жилых домов с административной функцией

пространство для административных фирм. К этому виду можно отнести дома А. П. Деевой (ул. Республики, 25), Н. Л. Панкратьева (ул. Республики, 29), С. И. Некрасова (ул. Республики, 31), Колмаковых (ул. Республики, 44) и ряд других.

Например, **дом по ул. Республики, 19** принадлежал А. Ф. Аверкиеву, гласному (депутату) городской думы. В 1913–1916 годах он возглавлял банк, располагавшийся в его доме [3]. Дом национализировали осенью 1919 года и разместили в нем городской исполком, горкомы ВКП(б) и ВЛКСМ. В 1944-м Тюмень стала областным центром, количество чиновников увеличилось, и дом Аверкиева надстроили. Верхние этажи отличаются строгостью стиля, что в декоре резко контрастирует с нижними (купеческими). Второй этаж здания занял Городской комитет комсомола, третий – Горисполком, а четвертый – Городской комитет партии. 31 октября 1983 года объект отдали областному комитету комсомола, тогда на третьем этаже расположился первый секретарь обкома ВЛКСМ. Сегодня в здании располагается Тюменский государственный институт культуры (рис. 3) [4].

Большое кирпичное здание, изначально двухэтажное, имело компактную симметричную структуру фасадов с ризалитами и аттиками по осям. В советское время дом надстроили двумя этажами. Основной двухэтажный объем дома характерен для своего времени. Фасады отмечены неоренессансными чертами. Наличники верхних окон с сегментными и треугольными фронтонами отличаются повышенной декоративностью: их формы крупны, рельефны, дополнены сухариками. Наличники первого этажа имеют несложный плоскостной геометрический рисунок с замковым элементом вверху [5]. Но сдержанность оконных обрамлений здесь компенсируется рустовкой стен. В декор фасадов включены рустованные пилястры, подоконные пояски и поребрики, многослойные карнизы, разделяющие этажи. Нижний этаж был отведен под торговые помещения, верхний выполнял конторскую и жилую функции, что позволяет отнести этот объект к первой группе. Планировка – коридорного типа, так как лестница на второй этаж была в правой части дома, на втором этаже правой ча-

сти располагался кабинет и небольшая контора, а левая часть этажа была отведена под столовую, спальню и гостевые комнаты (рис. 4).



Рис. 3. Дом по ул. Республики, 19.
Исторические и современная фотографии

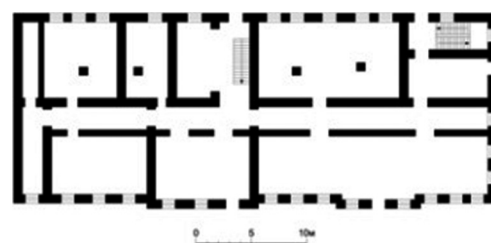


Рис. 4. План дома по ул. Республики, 19

У дома по **ул. Республики, 17** было два разных хозяина. Левая часть принадлежала П. П. Воробейчиковой, а правая – Н. Ю. Ядрышникову [6]. Самое раннее упоминание относится к 1897 году. Одна часть здания (угловой корпус) построена купцом 2-й гильдии Н. Ю. Ядрышниковым, который сдавал под торговые помещения нижние этажи. В 1900 году П. П. Воробейчикова переехала в другую часть здания. В ней также снимали угол торговые магазины. В 1918-м в доме расположился первый Тюменский губернский комисариат. Усадьба П. П. Воробейчиковой в начале 1930-х была объединена с усадьбой Ядрышниковых и усадьбой Знаменского собора (ул. Семакова, 13) и передана в использование дивизиону Объединенного государственного политического управления (ОГПУ). До 2021 года здесь располагался Департамент образования Администрации города Тюмени (рис. 5) [2].

Главный дом – двухэтажный, кирпичный. Лицевой фасад представлен симметричной трехчастной композицией, углы укреплены пло-

скими ризалитами, а центр выделен широким аттиковым ризалитом и проездной аркой. Прием «кирпичного стиля» стал основой декора, а неоренессансные мотивы имеют традиционный для местных построек элементный состав: рустованные пилястры, оконные наличники с профилированными архивольтами и развитыми сегментами очельями, подоконные поребрики, многослойные ступенчатые карнизы, разделяющие этажи и венчающие здание [4].

Здание является двухэтажным кирпичным памятником, характерным произведением эклектики, сложившимся под влиянием «русского стиля» [7]. Дом имеет усложненную объемно-пространственную композицию, обогащен островерхими шатровыми кровлями. Крепованные пилястры и углы, сложные архивольты и импосты, украшенные орнаментом, междуоконные и надоконные пояски и тяги, различные ширинки, фигурные филенки, богатый многослойный карниз служат активными элементами кирпичного узорочья [5]. Встроенное между домами Н. Ю. Ядрышникова и П. П. Воробейчиковой здание создано также в «кирпичном стиле» (рис. 6).



Рис. 5. Дом по ул. Республики, 17. Историческая фотография 1930 года и фотография 2019 года

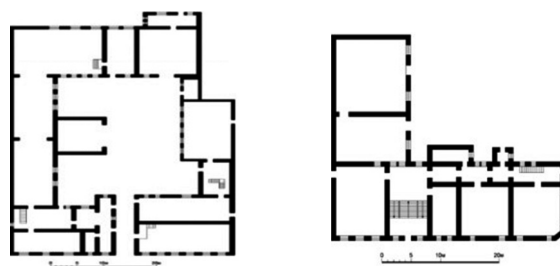


Рис. 6. План и фасад дома П. П. Воробейчиковой – Н. Ю. Ядрышникова

Здание имеет несколько основных входов, планировка – смешанного типа, функциональное наполнение (нижний этаж дома отведен под контору и торговые лавки, а верхний – под жилье) отражает особенности первого вида объектов по таблице.

Дом Ш. М. Оверштейна по ул. Республики, 28 датируется 1906–1908 годами. В это время он использовался как банк внешней торговли. На нижнем этаже размещались квартира владельцев и их магазинчик. Шлем Менделеевич Оверштейн – тюменский предприниматель. Он был владельцем магазина платья и мастерской по пошиву одежды, а также принимал активное участие в деятельности религиозной общины (рис. 7) [8].

Функциональное наполнение данного объекта присуще первой группе: торговые ряды, контора с кабинетом и жилое пространство расположены на втором этаже. Почти квадратный в плане объем производит впечатление нарядного монолита. Ось главного фасада акцентирована трехчастным фронтоном-аттиком и большим



Рис. 7. Здание по ул. Республики, 28.
Историческая и современная фотографии



Рис. 8. Фасад дома Ш. М. Оверштейна

балконом. Все окна второго этажа, кроме трех центральных, имеют навершия в виде больших круглых фронтонов с сухариками, и лишь над центральными окнами устроены треугольные фронтоны. Монументальность композиции усиливается многослойными подкарнизным и междуэтажным поясами с большими кронштейнами (рис. 8).

Второй вид помимо жилого пространства имел контору с кабинетом (скажем, юридическое бюро, парходную контору, страховое общество). Объекты этой группы обладают скромной площадью и сдержанными декоративными элементами фасадов: дом В. С. Поповой, дом В. Л. Жернакова 1909 года постройки (ул. Орджоникидзе, 1), который сгорел в 2017 году, дом Н. И. Давыдовского 1870-х годов постройки (ул. Семакова, 11).

Дом В. С. Поповой по ул. Володарского, 7 был построен в 1911 году и принадлежал юристу К. В. Попову, который с 1900 года служил в Тюмени поверенным Тобольского окружного суда, а позднее – поверенным городской управы. Он был востребован как общественный деятель и принимал участие в работе комиссий, депутатских и различных присутствий. Кроме владельца во флигеле усадьбы жил мировой судья Отто Штольц [8]. Большую часть XX века здесь располагалось коммунальное жилье. В разные годы в здании размещались Управление милиции, педучилище и Тюменский областной образовательно-методический центр немецкой культуры.

В 2005-м здание отреставрировали по проекту архитектора А. И. Клименко (рис. 9).

Деревянный дом имеет кирпичный цокольный этаж. Благодаря наличию углового полукруглого эркера, стоящего на чугунных колоннах, здание отличается выразительной объемно-пространственной композицией. Контрастное сочетание строго геометризованной пластики наличников является основой декоративной отделки фасадов, которые покрыты крупными объемными геометрическими и точеными деталями с крупным ажурным кружевом профильного фриза. Особенную привлекательность зданию придают легкие венчающие формы – угловые островерхие башенки с миниатюрными куполками и фигурный аттик на оси фасада, акцентированный орнаментальной накладной резьбой растительного рисунка.

Планировочная структура здания имеет внутренний коридор с верандой на втором этаже. На первом этаже располагалась контора частного поверенного К. В. Попова и Первое Российское страховое общество, агентом которого

являлся сам владелец, а второй этаж – жилой. Планировка коридорного типа. Все эти особенности позволяют отнести объект ко второму виду (рис. 10) [5].

Третий вид жилых домов включал культурно-развлекательное пространство и доходный дом с административным направлением на первом этаже и жилой функцией на втором. Объекты этой категории обладают более квадратными планами и классическим стилем внешнего облика [9]. К данному типу можно отнести дом И. С. Прасолова (Народный дом) по ул. 25 Октября, 13, а также дом И. П. Войнова – А. А. Багаева (ул. Семакова, 17), где в 1879–1910 годы размещался Клуб приказчиков. Здесь устраивались культурные вечера и спектакли.

Уже упомянутый **дом И. С. Прасолова**, расположенный на берегу реки Туры, построен в сентябре 1816 года. Его владельцем был купец 2-й гильдии, основатель кожевенного производства в Тюмени. Хозяин особняка жил со своей семьей на втором этаже. Во второй половине

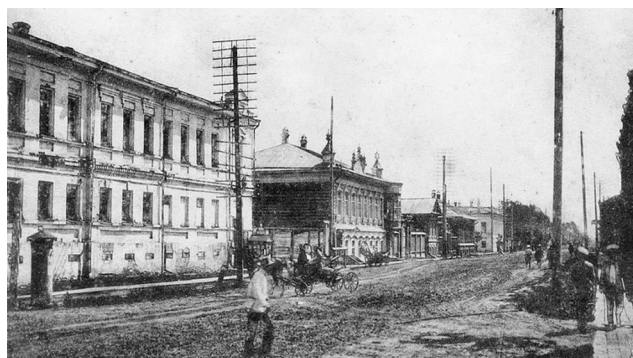


Рис. 9. Дом В. С. Поповой. Исторический снимок 1950 года и фотография 2019 года

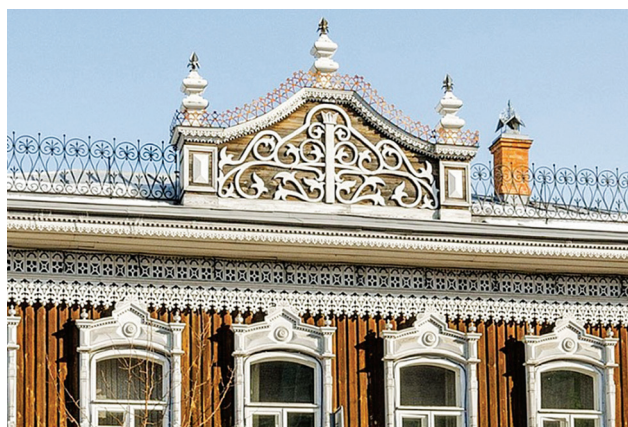


Рис. 10. Планы этажей и фрагмент фасада дома В. С. Поповой

XIX века большой парадный зал и другие помещения первого этажа в доме находились в аренде тюменского Благородного собрания.

Уже в 1879 году часть помещений арендовала Тюменская городская дума «для временного размещения в нем запасных нижних чинов пароходно-конвойной команды». Десять лет объект был центром культурно-просветительной работы, а после в доме прошла сессия Тобольского окружного суда. В течение нескольких десятилетий здание было научно-исследовательским, образовательным, культурно-просветительским центром Тюменской области. Теперь в нем разместились различные городские и областные учреждения и общественные организации: Комитет по физической культуре и спорту города Тюмени, межрегиональное общественно-политическое движение и т. д. Также здесь размещена официальная резиденция губернатора Тюменской области – Дом приемов губернатора (рис. 11).

Памятник, основанный на берегу реки Туры, стал ярким градостроительным акцентом. Двухэ-



Рис. 11. Дом И. С. Прасолова. Исторический снимок и фотография 2017 года

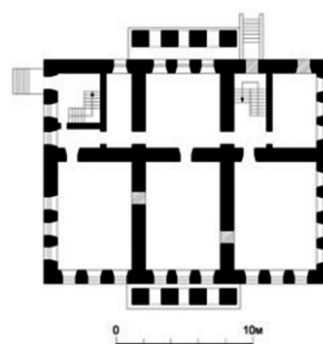


Рис. 12. План дома И. С. Прасолова

тажный особняк со сквозным мезонином и двумя четырехколонными портиками является характерным образцом русского провинциального классицизма [6]. Поднятые на высокие мощные аркады круглые колонны композитного ордера поддерживают антаблемент с фронтоном и являются главными пластическими акцентами дома. Ритм узких строгих окон, междуэтажный карниз небольшого свеса и плоскостной характер декора создают впечатление целостности стены [4]. Ключевые элементы декоративного убранства дома – заполненные тонким лепным орнаментом неглубокие ниши над окнами, узкие, горизонтальные филенки в цоколе, дощатый руст аркад, карнизы. Окна не имеют ни наличников, ни сандриков.

Планировка объекта относится к анфиладному типу (рис. 12). И первый, и второй этажи выполняли общественную функцию, но жилое пространство располагалось на верхнем этаже в отдаленных пространствах. Общественно-развлекательная функция объекта наряду с жилой и административной, планировочные особенности позволяют отнести его к третьей группе.

В других городах края местные купцы возводили аналогичные дома, выполнявшие и жилую, и административную функции. В частности, застройку улицы Царской в Ялуторовске, ограничивающей городскую площадь с северо-запада, составили каменные строения обширной усадьбы известной купеческой семьи Колмаковых и двухэтажные торговые дома купцов Пантелеева и Николаевского, а с юго-запада – торговый дом купчихи И. В. Мясниковой [10].

Выводы

Проведен анализ жилых домов конца XIX – начала XX вв. с административной функцией в Тюмени, выявлены некоторые общие черты в оформлении фасадов, а именно: симметричный парадный фасад, геометричный аттик на центральной оси парадного фасада, а также широкий пояс, разделяющий этажи. Как правило, такие дома строились из кирпича, наиболее долговечного, ценного и огнестойкого материала. В ходе исследования рассматриваемые дома были разделены на три основные группы, различные по функциональному наполнению. Как правило, первый этаж таких построек выполнял административную функцию: в первой группе – это торговые лавки и контора с рабочим кабинетом; те же направления, за исключением торговой функции, присущи и второй группе, а третий вид имел культурно-развлекательное пространство, которое соседствовало с доходным домом, на втором этаже жил владелец.

С течением времени менялись владельцы зданий и, как следствие, иногда менялся их функционал. Так, например, в доме И. П. Войнова –

А. А. Багаева по ул. Республики, 13 изначально размещались торговые лавки и кабинет хозяина, однако с 1879 года в доме уже действовал Клуб приказчиков, располагалась выставка коллекций И. Я. Словцова, а значит, объект из первой группы переместился в третью.

Декоративные элементы объектов каждой группы имели ряд особенностей: первая группа обладала в основном неоренессансными чертами, вторая содержала строго геометризovanную пластику наличников и простоту фасадов, третья же отличалась в большей степени классическими мотивами. Кроме того, выявлены планировочные особенности каждой группы. Для первой, как правило, характерен коридорный тип с лестницей на второй этаж с торца здания и расположение главного входа на парадном фасаде на центральных осях. Для второй – планировки центрического типа с лестницей на боковом фасаде и основным входом на парадном фасаде, но с краю композиции. Особенностью третьего вида являются лестницы с торца объекта и входные группы на боковом фасаде.

Библиографический список

1. Гайдук, М. Ю. Роль купечества в формировании застройки городов Западной Сибири в XIX – начале XX века (на примере Тюмени и Тобольска) / М. Ю. Гайдук, Е. В. Ситникова. – DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-72-89. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – Т. 22. – № 2. – С. 72–89.
2. Оглы, Б. И. Формирование центров крупных городов Сибири. Градостроительные и социально-культурные аспекты / Б. И. Оглы; отв. ред. И. Оглы. – Новосибирск : Издательство Новосибирского университета, 1999. – 167 с. – Текст : непосредственный.
3. Клименко, А. И. Банковские здания Тюмени конца XIX – начала XX веков / А. И. Клименко. – Текст : непосредственный // Архитектура и архитектурная среда : вопросы исторического и современного развития : материалы международной научно-практической конференции, Тюмень, 22–23 апреля 2017 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 126–135.
4. Козлова-Афанасьева, Е. М. Архитектурное наследие Тюменской области : [иллюстрированный научно-практический каталог] / Е. М. Козлова-Афанасьева. – Тюмень : Издательство «Искусство», 2008. – 488 с. – Текст : непосредственный.
5. Заварихин, С. П. Архитектура Тюмени : учебник для вузов / С. П. Заварихин, Б. А. Жученко. – Тюмень : Издательство «Радуга-Т», 2004. – 296 с. – Текст : непосредственный.
6. Наследие Тюменской области : Проект Комитета по охране и использованию объектов историко-культурного наследия Тюменской области / отв. ред. Л. В. Зуева. – Тюмень, 2017. – № 1 (7). – 64 с. – Текст : непосредственный.

7. Горюнов, В. С. Архитектура эпохи модерна. Концепции. Направления. Мастера / В. С. Горюнов, М. П. Тубли. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Стройиздат, 1994. – 359 с. – Текст : непосредственный.
8. Город-Т / Город-Т : [сайт]. – URL : <https://gorod-t.info/> (дата обращения : 20.09.2021).
9. Волынец, Е. И. Силевые направления в архитектуре деревянных жилых домов Тюмени конца XIX – начала XX веков / Е. И. Волынец, А. И. Клименко. – Текст : непосредственный // Архитектура и архитектурная среда : вопросы исторического и современного развития : материалы международной научно-практической конференции, Тюмень, 5 июня 2020 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 136–146.
10. Клименко, А. И. Купеческая застройка Ялutorовска (XIX – начало XX века) / А. И. Клименко, М. Ю. Гайдук. – DOI: 10.51461/projectbaikal.69.1853. – Текст : непосредственный // Проект Байкал. – 2021. – № 3 (69). – С. 72–79.

References

1. Gaiduk, M. Yu., & Sitnikova, E. V. (2020). Merchants in development of Siberian cities in the 19-20th centuries (the Tyumen and Tobolsk case studies). Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Journal of Construction and Architecture, 2(22), pp. 72-89. (In Russian). DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-2-72-89
2. Ogly, B. I. (1999). Formirovanie tsentrov krupnykh gorodov Sibiri. Gradostroitel'nye i sotsial'no-kul'turnye aspekty. Novosibirsk, Izdatel'stvo Novosibirskogo universiteta Publ., 167 p. (In Russian).
3. Klimenko, A. I. (2017). Bankovskie zdaniya Tyumeni kontsa XIX – nachala XX vekov. Arkhitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, April 22–23. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 126-135. (In Russian).
4. Kozlova-Afanas'eva, E. M. (2008). Arkhitekturnoe nasledie Tyumenskoy oblasti. Tyumen, OOO «Izdatel'stvo Iskusstvo» Publ., 488 p. (In Russian).
5. Zavarikhin, S. P. & Zhuchenko, B. A. (2004). Arkhitektura Tyumeni. Tyumen, Raduga-T Publ., 296 p. (In Russian).
6. Zueva, L. V. (eds.) (2017). Nasledie Tyumenskoi oblasti. Proekt Komiteta po okhrane i ispol'zovaniyu ob'ektov istoriko-kul'turnogo naslediya Tyumenskoi oblasti, 1(7), 64 p. (In Russian).
7. Goryunov, V. S., & Tubli, M. P. (1994). Arkhitektura epokhi moderna. Kontseptsii. Napravleniya. Mastera. 2nd edition. Saint Petersburg, Sroyizdat Publ., 359 p. (In Russian).
8. Gorod-T. (In Russian). Available at: <https://gorod-t.info/> (Date of the application: 20.09.2021).
9. Volynets, E. I., & Klimenko, A. I. (2020). Stilevye napravleniya v arkhitekture derevyannykh zhilykh domov Tyumeni kontsa XIX – nachala XX vekov. Arkhitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, June 5. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 136–146. (In Russian).
10. Klimenko, A., & Gaiduk, M. (2021) Merchant development of the city of Yalutorovsk (XIX – early XX centuries). Project Baikal, 3(69), pp. 72-79. (In Russian). DOI: 10.51461/projectbaikal.69.1853

Сведения об авторах

Москалева Татьяна Владимировна, магистрант, Уральский государственный архитектурно-художественный университет, e-mail: moskaleva.tatyanamos@gmail.com

Information about the authors

Tatyana V. Moskaleva, Graduate Student, Ural State University of Architecture and Art, e-mail: moskaleva.tatyanamos@gmail.com

Волынец Екатерина Игоревна, ассистент кафедры дизайна архитектурной среды, Тюменский индустриальный университет, e-mail: volynetsei@tyuiu.ru

Храмцов Александр Борисович, к. и. н., доцент кафедры дизайна архитектурной среды, Тюменский индустриальный университет, e-mail: hramtsovab@tyuiu.ru

Ekaterina I. Volynets, Assistant at the Department of Architectural Environment Design, Industrial University of Tyumen, e-mail: volynetsei@tyuiu.ru

Alexander B. Khramtsov, Candidate of History, Associate Professor at the Department of Architectural Environment Design, Industrial University of Tyumen, e-mail: hramtsovab@tyuiu.ru

Для цитирования: Москалева, Т. В. Архитектура жилых домов с административной функцией в городе Тюмени на рубеже XIX–XX веков / Т. В. Москалева, Е. И. Волынец, А. Б. Храмцов. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-6-16. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 6–16.

For citation: Moskaleva, T. V., Volynets, E. I., & Khramtsov, A. B. (2021). Architecture of residential buildings with administrative function in the city of Tyumen at the turn of the XIX–XX centuries. Arkhitektura, stroitel'stvo, transport [Architecture, construction, transport], (4), pp. 6-16. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-6-16.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЫСОТНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

И. В. Есауленко
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HIGH-RISE WOODEN HOUSING CONSTRUCTION IN RUSSIA ON FOREIGN EXPERIENCE

Igor V. Esaulenko
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia

Аннотация. Строительные материалы на основе древесины отвечают основным требованиям экологически чистого строительства, которое в современном мире приобретает все большую актуальность. Однако до недавнего времени их мало применяли в высотном строительстве в России. Прорывной в данном аспекте стала технология CLT, которая хорошо зарекомендовала себя в таких странах, как Швейцария, Норвегия, США и других. В России она пока не нашла широкого применения, и CLT-панели востребованы лишь на рынке индивидуального жилищного строительства. Тем не менее, учет позитивного зарубежного опыта может послужить примером и стать стимулом для более активного внедрения современных экологичных материалов и технологий в России. Статья посвящена исследованию возможностей высотного деревянного домостроения в России на основе мировой практики.

Abstract. Wood-based building materials meet the basic requirements of environmentally friendly construction, which is becoming increasingly important in the modern world. However, until recently, they were rarely used in high-rise construction in Russia. CLT became a revolutionary technology, it has proven itself in countries such as Switzerland, Norway, the U.S. and others. In Russia, it has not yet found widespread use, and CLT-panels are in demand only at the market of individual housing construction. Nevertheless, taking into account the positive foreign experience can be an example and become an incentive for more active implementation of modern environmentally friendly materials and technologies in Russia. The aim of the article is to study the possibilities of high-rise wooden house building in Russia based on world practice.

Ключевые слова: высотное деревянное домостроение, строительство, материалы, экология, экономичность

Key words: high-rise wooden house construction, construction, materials, ecology, economical efficiency

Введение

Многоэтажное деревянное домостроение в России в настоящее время находится в стадии становления. Это связано с отсутствием нормативно-правовой базы, так или иначе регулирующей данную отрасль и, как следствие, реализованных проектов, которые могли бы сформировать доверие людей к подобного рода объектам. Тем не менее, в последние годы данное направление активно прорабатывается, что находит отражение в законодательных инициативах. Так, в 2019 году был разработан и в 2020 году введен в действие новый СП 452.1325800.2019 Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций, согласно которому из дерева можно возводить здания высотой до 28 метров¹.

Отметим, что ранее регламентировалось строить здания из деревянных конструкций не выше трех этажей. На 2021 год намечена разработка следующих нормативных документов: СП 64.13330.2017 СНиП II-25-80 Деревянные конструкции (изменение); СП Здания из клееного деревянного бруса. Правила проектирования и строительства (разработка); СП Здания из деревянных срубных конструкций. Правила проектирования и строительства (разработка) [1].

Кроме того, согласно Плану деятельности Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации², уже в 2022 году строительство не менее 20 % жилья и социально-культурных объектов должно осу-

ществляться с использованием деревянных конструкций. Для решения этой задачи предложено привлечь банки, которые будут выдавать ипотечные кредиты под «деревянное домостроение». Итогом проведенной работы стал первый проект, реализуемый холдингом «Segezha Group» в 2021 году в Москве, который находится в стадии детального конструирования и решения инженерных вопросов [2].

Ключевыми конструктивными элементами упомянутого проекта являются деревянные строительные панели, их производство осуществляется не только в Москве, но и в других регионах России. Одним из примеров является Ладужский домостроительный комбинат, который запустил производство перекрестно-клееных панелей из древесины в пос. Аврово Ленинградской области [3]. Выпуском деревянных клееных панелей также занимается предприятие «Сокол СиЭлТи» в Вологодской области [4].

На сегодняшний день в России известен всего один реализованный многоэтажный объект, при строительстве которого применялись CLT-панели. Это коммерческое здание Good Wood Plaza площадью 3,4 тыс. м² и высотой 19,8 м в пос. Елино Солнечногорского района Московской области.

Два объекта – экспериментальный жилой квартал Sokol Town площадью 100 тыс. м² (Солнечногорск) и жилищный комплекс Wood City площадью около 80 тыс. м² (Москва) – находятся в стадии проектирования [5].

¹ СП 452.1325800.2019 Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования = Multicompartment residential buildings with wooden structures. Design rules : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 октября 2019 г. N 651/пр : дата введения 2020-04-29. – Москва, 2019. – Текст : электронный. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/564376889> (дата обращения : 20.11.2021).

² План деятельности Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период с 2019 по 2024 год : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 05.03.2020 № 3-П/01. – Судебные и нормативные акты РФ : [сайт]. – URL : https://sudact.ru/law/plan-deiatelnosti-ministerstva-stroitelstva-i-zhilishchno-kommunalnogo-khoziaistva_2/. – Текст : электронный (дата обращения : 21.10.2021).

Объект и методы исследования

Данная статья посвящена перспективам развития высотного деревянного домостроения в России на примере зарубежного опыта. В качестве методов исследования применялись сравнительно-сопоставительный, статистический и логический анализы.

Обсуждение

Очевидно, что строительство деревянных многоэтажных зданий ведется в странах, обладающих значительными лесными ресурсами. Дерево удовлетворяет многим принципам экологичности современного строительства, является гибким и устойчивым материалом, дает возможности для реализации большинства творческих идей разработчикам архитектурных проектов. Однако для лучшего понимания основных преимуществ деревянного домостроения целесообразно изучить технологию производства материалов, используемых для его осуществления.

Революционной в деревянном домостроении стала технология клееных деревянных панелей CLT, разработанная и активно применяемая в строительстве многоэтажных зданий в Европе [6]. CLT – аббревиатура от Cross Laminated Timber (перекрестно склеенная древесина), для обозначения подобных материалов в русском языке используется аббревиатура ПСП (перекрестно-склеенные плиты).

Панели состоят из нескольких (трех, пяти и более) слоев деревянных досок, уложенных крест-накрест и склеенных между собой широкими и частично узкими гранями. В процессе проклейки их помещают под пресс, после чего они образуют прочнейший монолит, несущая способность которого не ниже, чем у железобетона (несущая способность CLT-плиты при ширине в 1 м и толщине 100 мм – от 230 до 300 кН, 150 мм – 700–780 кН, 300 мм – 1620–1700 кН [7]). Технологический процесс производства данных панелей последовательно описан на рис. 1.

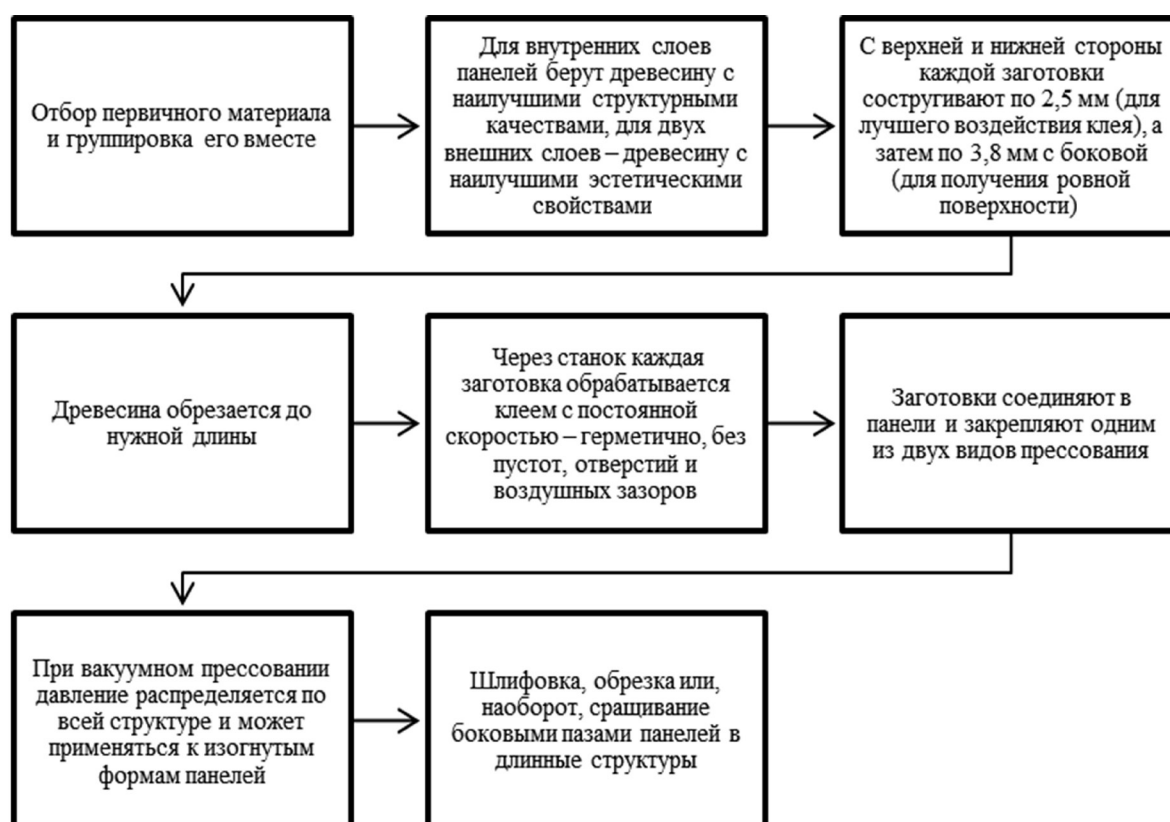


Рис. 1. Технологические этапы производства деревянных панелей CLT [6]

Практика применения CLT-панелей, которая насчитывает около 30 лет, показывает, что они не скручиваются и не теряют стабильности геометрических размеров. В России CLT-панели в основном востребованы в сфере индивидуального жилищного строительства, но даже в этом сегменте наша страна значительно отстает от других государств.

Панели до 3 м в ширину и 20 м в длину позволяют проектировщикам реализовывать свои самые смелые архитектурно-конструктивные решения. В производстве можно использовать доски, которые не подходят для создания клееной балки или бруса, мебельного щита, погонажных изделий, в результате чего уменьшается количество отходов в процессе переработки древесины, усиливается полезный выход из одного кубического метра сырья, а значит, растет экономическая эффективность всего производственного процесса переработки древесины. Основные преимущества рассматриваемой технологии представлены на рис. 2.

Тем не менее, несмотря на все преимущества CLT-панелей, они мало распространены, что объясняется их относительно высокой стоимостью (в сравнении с другими деревянными

материалами и конструкциями) и недоверием к новым технологиям. Более дешевыми аналогами являются клееный брус или брус LVL (Laminated Veneer Lumber, пиломатериал из слоеного шпона), однако данные материалы, в отличие от перекрестно-клееных панелей, не способны заменять железобетонные, металлические конструкции и в некоторых случаях кирпич.

Российский офис австрийской компании Alpbau в 2020 году в рамках госпрограмм по переселению жителей построил два жилых дома из CLT-панелей по собственным проектам в разных регионах страны: восьмиквартирный в Крымске и четырехквартирный в Иркутске. По мнению генерального директора компании Alpbau Алексея Ключкова, «опыт возведения двух многоквартирных домов из CLT-панелей показал, что стоимость квадратного метра с учетом применения фундамента на винтовых сваях, вентилируемого фасада, внутренней отделки, инженерных систем, то есть готового жилья "под ключ" составляет около 50 тыс. рублей» [8].

Для сравнения на рис. 3 представлена стоимость готового жилья в Краснодарском крае и Иркутской области в 2019–2020 годах.

Перспективность использования данных технологий подтверждает богатый зарубежный опыт. В разных странах активно реализуются проекты по строительству деревянных многоэтажек, самая высокая из них достигает 85 метров. При этом в ряде стран доля деревянного домостроения составляет до 80 % от общего объема, что наглядно представлено на рис. 4.

Согласно имеющимся данным, лидерами по деревянному домостроению являются европейские страны, также стоит отметить значительный рост использования данных технологий в Японии. Деревянные блоки из CLT-панелей в Скандинавских странах стали популярны в период энергетического кризиса, поскольку имеют более высокие показатели энергоэффективности и значительно дольше бетона сохраняют тепло. Еще одним преимуществом древесины является ее способность поглощать углекислый газ и быть его «хранилищем» даже будучи пиломатериалом [11].



Рис. 2. Преимущества деревянных CLT-панелей

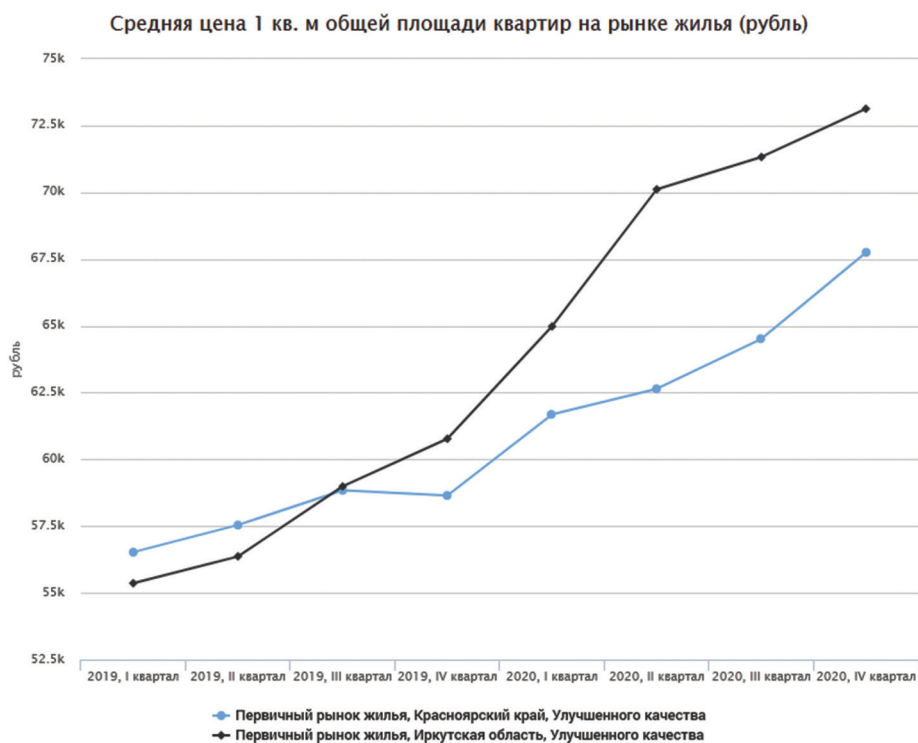


Рис. 3. Стоимость 1 м² нового жилья в Краснодарском крае и Иркутской области [9]

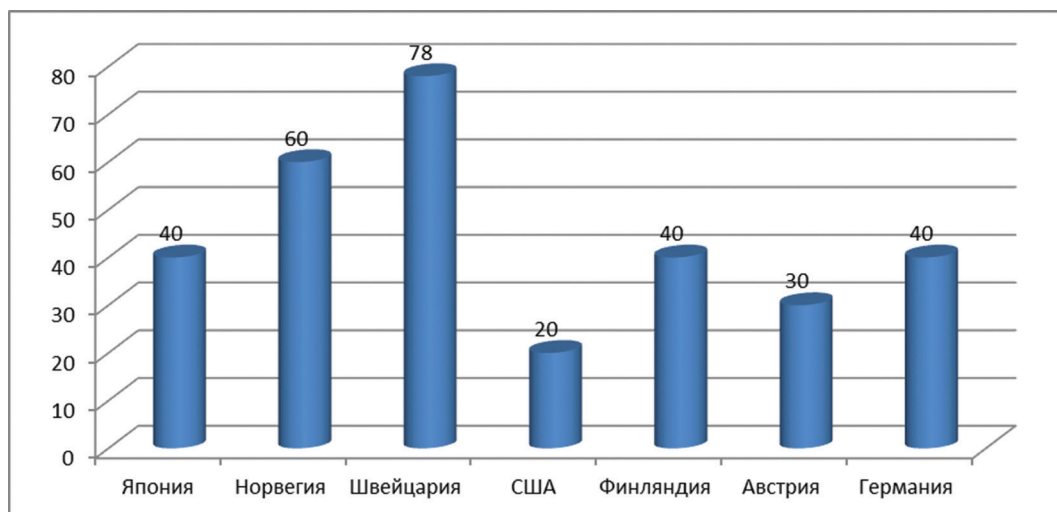


Рис. 4. Доля деревянного домостроения от общего объема строительства в зарубежных странах, % [10]

В зарубежных странах есть немало удачных примеров многоэтажных деревянных зданий, обладающих высокой энергоэффективностью. На рис. 5 – здание в Ванкувере (Канада) высотой 53 м,

построенное из CLT-панелей [12]. В деревянном исполнении в Европе возводят даже элитные кварталы с пентхаусами и широкими верандами (рис. 6).



Рис. 5. Общежитие Brock Commons, построенное из CLT-панелей. Ванкувер, Канада [12]



Рис. 6. Восемьэтажный деревянный жилой дом. Бад-Айблинг, Германия [12]



Рис. 7. Десятиэтажное здание Forté. Мельбурн, Австралия [12]

Деревянные панели можно использовать при строительстве достаточно высоких жилых домов. Примером может послужить австралийский опыт (рис. 7). Комплекс в Мельбурне, который относится к разряду социального жилья, возвели всего за 14 месяцев. Помимо жилых зданий здесь есть помещения для активного отдыха, детские комнаты, фитнес-центр, прачечная, кухня, гараж для мотоциклов. При строительстве было использовано 6 000 м³ панелей. Из склеенных трехслойных CLT-заготовок высотой 3 м и длиной 10 м возводились стены, а пятислойные и восьмислойные панели использовались для полов. Соединяли их с помощью болтов и шурупов без дополнительного оборудования. Шахты лифта и несущие колонны также выполнены из древесных материалов. Бетон использовался только для устройства фундамента.

Данное здание было награждено разными премиями как самый экологичный дом. В нем была смонтирована система сбора и очистки дождевой воды, установлены тепловые насосы, энергосберегающее светодиодное освещение. Здание прошло сертификацию по международной программе Green Star и удостоилось высшей оценки – 5 звезд.

Приведенные примеры показывают потенциальную перспективность развития деревянного многоэтажного домостроения в России, а наличие собственных лесных ресурсов является естественным конкурентным преимуществом и предоставляет новые возможности для роста бизнеса в стране.

Тем не менее, на пути развития деревянного многоэтажного домостроения в России имеется множество барьеров и проблем. Основным сдерживающим фактором является недостаточно проработанная нормативно-правовая база: регламентирующая документация изобилует расхождениями различного рода, касающимися, например, максимально возможной этажности деревянных зданий и требований к пожароустойчивости. Слабая поддержка подобных проектов со стороны правительства также тормозит девелоперов, которые не спешат выйти на рынок с подобными предложениями. Кроме того, значи-

тельно мешают претворению данных проектов в жизнь низкие темпы перехода строительной отрасли к использованию «зеленых технологий».

Выводы

Проведенное исследование демонстрирует возможность и перспективность развития в России деревянного многоэтажного домостроения, не уступающего железобетону и другим конструкционным материалам по своим эксплуатационным характеристикам, степени без-

опасности и энергоэффективности. Для решения проблем, мешающих этому, на федеральном уровне необходимо разработать отдельную программу, направленную на развитие данного сектора строительства и предусматривающую соответствующий пакет мер поддержки для его участников. Только в этом случае деревянное домостроение сможет стать стабильно развивающейся сферой жилищного строительства и позволит постепенно сформировать рынок недорогого, экологичного и комфортного жилья.

Библиографический список

1. Три новых Свода правил и четыре стандарта по деревянному домостроению будут разработаны в этом году / Минстрой России : [сайт]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/tri-novykh-svoda-pravil-i-chetyre-standarta-po-derevyannomu-domostroeniyu-budut-razrabotany-v-etom-g/>. – Текст : электронный (дата обращения : 20.11.2021).
2. Segezha Group запустила производство деревянных строительных панелей / РБК+ : [сайт]. – URL : <https://plus.rbc.ru/pressrelease/6038a7197a8aa906edbd16ed/>. – Текст : электронный (дата обращения : 21.10.2021).
3. Завод по производству конструкций из перекрестно-клеенной древесины (CLT) запущен в поселке Аврово Ленобласти / Integral : [сайт]. – URL : <https://integral-russia.ru/2021/04/22/zavod-po-proizvodstvu-konstruktsij-iz-perekrestno-kleennoj-drevesiny-clt-zapushhen-v-posyolke-avrovo-lenoblasti/>. – Текст : электронный (дата обращения : 21.10.2021).
4. Первый завод по производству CLT-панелей в России / Sokol CLT : [сайт]. – URL : <https://sokol-clt.ru/clt-zavod/o-zavode/>. – Текст : электронный (дата обращения : 21.10.2021).
5. Никольская, В. Перспективы CLT-панелей на российском рынке / В. Никольская. – Текст : непосредственный // ЛесПромИнформ. – 2018. – №8 (138). – С. 132–135.
6. Мавлюбердинов, А. Р. Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей / А. Р. Мавлюбердинов, Д. Н. Хоцанян. – Текст : непосредственный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 1 (43). – С. 219–225.
7. Технология производства CLT / CLT ПРОМ : [сайт]. – URL: <https://cltprom.ru/>. – Текст : электронный (дата обращения : 20.11.2021).
8. Дом из CLT-панелей – как Lego для взрослых / Ассоциация деревянного домостроения : [сайт]. – URL : <https://npadd.ru/novosti/dom-iz-clt-paneley-kak-lego-dlya-vzroslykh/#>. – Текст : электронный (дата обращения : 21.10.2021).
9. Средняя цена 1 кв. м общей площади квартир на рынке жилья / Государственная статистика ЕМИСС : [сайт]. – URL : <https://www.fedstat.ru/indicator/31452#>. – Текст : электронный (дата обращения : 20.11.2021).
10. Деревянная Европа – доля жилья из дерева к 2020 году достигнет 80 % / Эко-тех. Деревянные дома : [сайт]. – URL : <https://ecotechstroy.ru/derevyannaya-evropa-dolya-zhilya-iz-dereva-k-2020-godu-dostignet-80/>. – Текст : электронный (дата обращения : 24.10.2021).
11. Комплексные линии Ledinek для производства CLT-панелей / www.derevo.info : информационный портал деревообрабатывающей отрасли : [сайт]. – URL : <https://www.derevo.info/content/detail/5451>. – Текст : электронный (дата обращения : 19.10.2021).

12. Будущие дома из европейского настоящего / Деловой Петербург : [сайт]. – URL : http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/. – Текст : электронный (дата обращения : 04.10.2021).

References

1. Tri novykh Svoda pravil i chetyre standarta po derevyannomu domostroeniyu budut razrabotany v etom godu. Ministroy Rossii. (In Russian). Available at: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/tri-novykh-svoda-pravil-i-chetyre-standarta-po-derevyannomu-domostroeniyu-budut-razrabotany-v-etom-g/> (date of the application 20.11.2021).
2. Segezha Group zapustila proizvodstvo derevyannykh stroitel'nykh paneley. RBK+. (In Russian). Available at: <https://plus.rbts.ru/pressrelease/6038a7197a8aa906edbd16ed/> (date of the application 21.10.2021).
3. Zavod po proizvodstvu konstruktsiy iz perekrestno-kleennoy drevesiny (CLT) zapushchen v poselke Avrovo Lenoblasti. Integral. (In Russian). Available at: <https://integral-russia.ru/2021/04/22/zavod-po-proizvodstvu-konstruktsij-iz-perekrestno-kleennoj-drevesiny-clt-zapushhen-v-posyolke-avrovo-lenoblasti/> (date of the application 21.10.2021).
4. Pervyy zavod po proizvodstvu CLT-paneley v Rossii. Sokol CLT. (In Russian). Available at: <https://sokol-clt.ru/clt-zavod/o-zavode/> (date of the application 21.10.2021).
5. Nikolskaya, V (2018). Prospects of CLT panels on the Russian market. LesPromInform, 8(138), pp. 132-135. (In Russian).
6. Mavlyuberdinov, A. R., & Khotsanian, D. N. (2018). Technological features of erecting multi-storey residential buildings from CLT-panels. News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 1(43), pp. 219-225. (In Russian).
7. Tekhnologiya proizvodstva CLT. CLT PROM. (In Russian). Available at: <https://cltprom.ru/> (date of the application 20.11.2021).
8. Dom iz CLT-paneley – kak Lego dlya vzroslykh. Assotsiatsiya derevyannogo domostroeniya. (In Russian). Available at: <https://npadd.ru/novosti/dom-iz-clt-paneley-kak-lego-dlya-vzroslykh/#> (date of the application 21.10.2021).
9. Srednyaya tsena 1 kv. m obshchey ploshchadi kvartir na rynke zhil'ya. Gosudarstvennaya statistika EMISS. (In Russian). Available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/31452#> (date of the application 20.11.2021).
10. Derevyannaya Evropa – dolya zhil'ya iz dereva k 2020 godu dostignet 80 %. Eko-tekh. Derevyannye doma. (In Russian). Available at: <https://ecotechstroy.ru/derevyannaya-evropa-dolya-zhilya-iz-dereva-k-2020-godu-dostignet-80/> (date of the application 24.10.2021).
11. Kompleksnye linii Ledinek dlya proizvodstva CLT-paneley. www.derevo.info: informatsionnyy portal derevoobrabatyvayushchey otrasli. (In Russian). Available at: <https://www.derevo.info/content/detail/5451> (date of the application 19.10.2021).
12. Budushchie doma iz evropeyskogo nastoyashchego. Delovoy Peterburg. (In Russian). Available at: http://www.dp.ru/a/2014/02/27/Budushhie_doma_iz_evropejsk/ (date of the application 04.10.2021).

Сведения об авторе

Есауленко Игорь Васильевич, ассистент кафедры архитектурно-строительных конструкций, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: eivspbgasu@gmail.com

Information about the author

Igor V. Esaulenko, Assistant at the Department of Architectural and Building Structures, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, e-mail: eivspbgasu@gmail.com

Для цитирования: Есауленко, И. В. Перспективы развития высотного деревянного домостроения в России на примере зарубежного опыта / И. В. Есауленко. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-17-25. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 17–25.

For citation: Esaulenko, I. V. (2021). Prospects for the development of high-rise wooden housing construction in Russia on foreign experience. Architecture, construction, transport, (4), pp. 17-25. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-17-25.

АСТ

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Уважаемые авторы и читатели!

Вы можете оформить подписку на журнал
«Архитектура, строительство, транспорт»
любым удобным для Вас способом:

- через электронный каталог «Пресса России» на сайте **www.pressa-rf.ru**
- через интернет-магазин «Пресса по подписке» на сайте **www.akc.ru**



Адрес редакции:
625001, г. Тюмень,
ул. Луначарского, 2,
каб. 117
Тел.: (3452)28-37-50

Подписной индекс журнала **79619**

К ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТАНЦИЙ ВОДООЧИСТКИ СЕВЕРНОЙ ЗОНЫ ТЮМЕНСКОГО РЕГИОНА

А. Г. Жулин¹, О. В. Сидоренко¹, Л. В. Белова¹, М. М. Валова²

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² ООО «ТюменьПроектСервис», Тюмень, Россия

JUSTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF WATER TREATMENT PLANTS IN THE NORTHERN ZONE OF THE TYUMEN REGION

Alexander G. Zhulin¹, Olga V. Sidorenko¹, Larisa V. Belova¹, Marija M. Valova²

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² LLC «TyumenProjectService», Tyumen, Russia

Аннотация. Характерными особенностями качественного состава природной воды Северной зоны Тюменской области независимо от времени года являются: малое содержание солей – менее 200 мг/дм³ и взвешенных веществ – 2–30 мг/дм³, содержание железа на уровне 0,1–5,5 мг/дм³, высокая цветность – 40–130 град ПКШ.

При устранении цветности и комплексно-связанного железа из природной воды наибольшие затруднения сопряжены с низким солесодержанием и малыми значениями взвеси, что предопределяет несколько иной подход к выбору технологической схемы обработки воды, чем тот, который предлагают нормативные положения. По результатам исследований предложены варианты технологических схем обработки природной воды северных рек.

Abstract. A characteristic feature of the qualitative composition of natural water of the Northern zone of the Tyumen region, regardless of the season, are: low salt content – less than 200 mg/dm³ and suspended solids – 2–30 mg/dm³, iron content at 0,1–5,5 mg/dm³, high color – 40–130 ° of the platinum-cobalt scale. When eliminating color and complex-bound iron from natural water, the greatest difficulties are associated with low salt content and small values of suspended solids. This predetermines a slightly different from the regulations approach to the choice of technological scheme of water treatment. Based on the results of the research, variants of technological schemes of natural water treatment of the northern rivers are proposed.

Ключевые слова: качество вод северных рек, мутность, цветность, контактная коагуляция, двухступенчатый фильтр

Key words: water quality of northern rivers, turbidity, color, contact coagulation, two-stage filter

Введение

Ряд населенных пунктов Северной зоны Тюменского региона (Мужи, Тарко-Сале, Яр-Сале, Салемал и другие) с малым и средним расходом воды для обеспечения хозяйственно-питьевых нужд и теплоснабжения все чаще стали обращаться к использованию воды поверхностных источников. Для природной воды отдельных рек этой территории характерны низкое солесодержание – менее 200 мг/дм³ и малое наличие взвешенных веществ – 2–30 мг/дм³, повышенное количество железа и марганца, высокая цветность 40–130 град ПКШ (табл. 1) [1–4].

Сравнительный анализ показателей содержания примесей природной воды по сезонам года показывает, что в период половодья наблюдается тенденция к увеличению цветности, перманганатной окисляемости, марганца и т. д. В данное время гуминовые вещества, содержащиеся в лесной подстилке, перегнойном горизонте подзолистых почв и торфах болот, интенсивно поступают в водные объекты с поверхностным стоком. Органические вещества гумусового происхождения окрашивают воду в

желто-коричневые тона. Влияние на цветность воды оказывает железо, средние его величины в период половодья несколько выше, чем в период межени.

Гумусовые вещества природных вод условно разделяют на три группы:

- гуминовые кислоты $C_{60}H_{52}O_{24}(COOH)_4$, находящиеся обычно в водоемах в коллоидной форме;
- коллоидные соединения фульвокислот;
- истинно растворенные соединения фульвокислот.

Водород карбоксильных групп $COOH$ гуминовых кислот может заменяться катионами с образованием гуматов [5, 6]. Гуминовые кислоты могут образовывать с гидроксидами железа комплексные соединения, частично представленные коллоидной формой [7]. Одни соединения, в частности, фульвокислотные, не придавая воде цветность, представляют показатель повышенной окисляемости, другие в соединениях и в чистом виде придают воде цветность, наиболее окрашенными из соединений водного гумуса являются гуминовые кислоты [4, 8].

Таблица 1

Некоторые качественные показатели речной воды Севера [1–4]

Показатели	Ед. измерения	с. Яр-Сале (р. Варыхадыта)	с. Антипаюта (р. Паюта)	с. Салемал (р. Надымская Обь)	пгт. Тазовский (р. Таз)	с. Белоярск (р. Щучья)
Цветность	град	64–116	–	> 70	5–6	–
Мутность	мг/дм ³	5,1–20,5	–	> 5	3–11	–
pH		6,1–7,8	6,7	7,3	6,8–7,3	5,3–7,2
Жесткость	°Ж	0,35–2,6	–	2,8	0,68	0,45–1,66
Железо	мг/дм ³	0,9–5,5	1,88	2,36	2,8–3,5	0,2–1,6
Марганец	мг/дм ³	–	0,38	0,011	0,04	0,26–0,43
Перманганатная окисляемость	мг О/дм ³	3,5–16,7	13	4,48	13–15	4,9–7,2

Цветность природной воды, обусловленная наличием органических соединений гумусового состава, устраняется в зависимости от формы ее наличия со значительными трудностями [7] и, как правило, при коагулировании примесей требует повышенных расходов коагулянта. При малом содержании минеральных примесей процессы коагуляции протекают продолжительно и в неполной форме. Наличие минеральных взвесей ускоряет процесс коагулирования, так как взвеси, обладая гидрофильными свойствами, адсорбируют на своей поверхности органические примеси гуминовых соединений [7].

Устранение веществ, обуславливающих цветность и окисляемость воды, требует достаточно сложных сочетаний комбинаций реагентов индивидуального характера. В частности, барьерные возможности водопроводных очистных сооружений, принятых в соответствии с рекомендациями СП 31.13330 (табл. 10), позволяют обеспечить снижение цветности, мутности, содержания железа до требуемых СанПиН значений, но для достижения нормативно допустимых показателей по марганцу и окисляемости требуется дополнительная обработка воды окислителями.

Широко используемые для подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения двухступенчатые технологические схемы при высокой цветности, малом содержании взвеси и низкой температуре природной воды, ввиду медленно проходящих процессов коагуляции, характеризуются значительным объемом сооружений предварительной обработки, повышенными расходами реагентов и малой гидравлической крупностью образующихся хлопьев. В некоторых случаях осуществлялись попытки получения хорошо осаждающихся хлопьев путем введения в обрабатываемую воду замутнителей или проведения рециркуляции ранее образовавшегося осадка [4, 7, 9]. Но технология ввода замутнителя требует оформления процессов: транспортировки, хранения, подготовки суспензии, дозирования, что усложняет технологию обработки воды и увеличивает строительные и финансовые затраты.

Удаление коллоидных примесей, обуславливающих цветность воды, основано на адсорб-

ции поверхностью коагулянта органических веществ. Контактная коагуляция – технологический процесс осветления и обесцвечивания воды, заключающийся в адсорбции ее примесей с нарушенной агрегативной устойчивостью на поверхности частиц контактной массы.

Коагуляция в контакте с посторонней твердой поверхностью требует меньших доз коагулянта, менее чувствительна к температуре воды, протекает достаточно полно при малой мутности и щелочности исходной воды [7], характеризуется большей скоростью коагуляции и полнотой задержания мелкой взвеси [4]. Частицы примесей воды имеют микро- и ультрамикроскопические размеры, а частицы контактной среды – макроскопические. Интенсивность прилипания мелких примесей к относительно крупным зернам загрузки намного превышает скорость агломерации между собой отдельных мелких частиц в свободном объеме жидкости.

При фильтровании воды, обработанной коагулянтам, через песок с размером зерен 0,5 мм ее осветление происходит за 5-10 с. Подобная глубина осветления воды при конвективной коагуляции частиц с образованием хлопьев достигается за 20-40 минут [4]. Эффект контактной коагуляции повышается по мере сокращения интервала между вводом коагулянта в обрабатываемую воду и ее поступлением в слой контактной массы. За этот короткий промежуток времени в обрабатываемой воде успевают образоваться микроагрегаты слипшихся первичных частиц.

Контактная коагуляция осуществляется в осветлителях со слоем взвешенного осадка, контактных осветлителях, в фильтрах АКХ и при прямоточном фильтровании.

При коагулировании вод с относительно небольшой мутностью (при общем количестве взвеси 50-60 мг/дм³) и умеренной цветностью (не более 150 град ПКШ) наиболее экономичным процессом удаления примесей является прямоточная обработка воды в фильтрующем слое с добавлением коагулянта непосредственно перед загрузкой [7, 10, 11]. На двухслойных фильтрах (контактном фильтре) происходит более равномерное распределение загрязнений в фильтрующем слое.

Для создания более благоприятных условий для проникновения загрязнений по всей высоте фильтра часть песка заменяют более легким материалом (антрацитом или дробленным керамзитом), эффективный размер частиц которого превышает размер песчинок, содержащихся в нижнем слое, он является буферным для обеспечения гарантированного качества фильтрата. Благодаря конструкции взвешенные вещества лучше распределяются по высоте фильтра: самые крупные из них задерживаются верхним слоем, имеющим наибольший размер фракций. Гранулометрический состав частиц, содержащихся в каждом из этих двух слоев, должен различаться плотностью, чтобы при одной и той же интенсивности промывки фильтра оба слоя расширились сходным образом для обеспечения необходимой сортировки частиц каждого слоя после завершения промывки.

Важным преимуществом контактных фильтров является возможность значительного форсирования их работы путем повышения скорости фильтрования до 9 м/ч с одновременным увеличением полезной подачи воды в водопроводную сеть в период максимального водопотребления.

Объекты и методы исследования

Основные качественные показатели воды ряда рек Северной зоны определялись согласно аттестованным методикам. Исследования по выявлению оптимальных технологических схем обработки природной воды (при цветности исходной воды 116 град ПКШ) проводились в лабораторных условиях на реальной воде поверхностного источника одного из объектов ЯНАО на фильтрационных колонках по двум схемам: 1 – двухслойный фильтр (кварцевый песок + антрацит); 2 – контактный осветлитель. Скорость фильтрования на двухслойном фильтре соответствовала рекомендуемой СП 31.13330 – 8 м/ч (в пересчете на модель – 1,4 м/ч), на контактном осветлителе – 5,5 м/ч.

В процессе исследований изменялись виды реагентов и их дозы. Первоначально в качестве коагулянта был принят оксихлорид алюминия (ОХА), максимальная доза которого составила

22 мг/дм³. Дополнительно проведен опыт на контактном осветлителе с применением в качестве коагулянта сернокислого алюминия (СА) с дозой 45 мг/дм³. В качестве флокулянта применялся ПАА дозой 0,5-1 мг/дм³.

При максимально возможных значениях мутности и цветности суммарное содержание взвеси составляет:

$$M = M_{\text{исх}} + K \cdot D + 0,25 \cdot C + B_u,$$

где M – содержание взвешенных веществ, мг/дм³;

$M_{\text{исх}}$ – содержание взвешенных веществ в исходной воде, мг/дм³;

K – коэффициент, зависящий от вида коагулянта;

D – доза коагулянта, мг/дм³;

C – цветность исходной воды, град ПКШ;

B_u – количество взвешенных веществ, вводимых в воду с известью при подщелачивании, мг/дм³.

Согласно выявленным максимальным значениям мутности (7,25 мг/дм³) и цветности (116 град ПКШ), возможное суммарное содержание взвешенных веществ составит $M = 61$ мг/дм³.

Так как суммарное содержание взвеси находится в пределах не более 70 мг/дм³, рассматривается возможность применения контактной коагуляции.

Результаты и обсуждения

Исследования проведены с целью предоставления технологической схемы для проектирования комплекса водоочистных сооружений объекта Севера.

Рассматривались две технологические схемы с двухслойным (контактным) фильтром и контактными осветлителями. В связи с необходимостью форсирования скорости фильтрования при эксплуатации возможно ее увеличение более допустимых 5,5 м/ч, во избежание выноса загрузки основное внимание уделено прямоточному фильтрованию.

Результаты исследований по выявлению основных технологических параметров обработки природной воды представлены в таблице 2.

Характер изменения ряда основных физических и химических показателей, формирующих

технологическую схему обработки воды, представлен на рис. 1, 2. На рисунках под цифрами отмечены: 1 – исходная вода, 2 – после двухслойного фильтра, 3 – после контактного осветлителя (коагулянт ОХА), 4 – после контактного осветлителя (коагулянт СА).

Результаты проведенных исследований по схемам 1 и 2 можно считать одинаковыми, но, учитывая преимущества двухслойных фильтров, их установка рекомендуется в предлагаемом проектном решении.

При одноступенчатом фильтровании параметры двухслойного фильтра принимаются в соответствии с табл. 15 СП 31.13330:

- кварцевый песок: высота слоя – 0,8 м; средний диаметр фракций – 0,5–1,2 мм;
- антрацит: высота слоя – 0,5 м; средний диаметр фракций – 0,8–1,8 мм.

В речной воде некоторых рек Северной зоны периодически в зависимости от сезона наблюдается повышенное содержание марганца и перманганатной окисляемости. Методы устранения данных компонентов включают в себя химическую обработку с применением окислителей. При избыточном содержании марганца и окисляемости технологическая схема включает двух-

ступенчатое фильтрование с вводом окислителя перед второй ступенью.

В качестве первой ступени рекомендуется контактный префильтр согласно п. 9.109 СП 31.13330, вторая ступень – двухслойный фильтр с параметрами, указанными выше.

Снижение содержания марганца в воде до ПДК можно добиться при использовании в качестве окислителя перманганата калия в концентрации не менее 3 мг/дм³. Уменьшить расход перманганата калия возможно за счет предварительного введения хлорсодержащего реагента (например, гипохлорита натрия) [12]. Совместный ввод реагентов позволяет экономить до 80 % перманганата калия.

В последнее время при принятии технологии очистки природной воды рекомендуется на окончательном этапе подготовки осуществлять фильтрование или углевание активированным углем. Углевание воды способствует устранению органических загрязнений искусственного происхождения, привнесенных со сточными водами [4, 13], если таковые представлены в незначительном количестве (что характерно для северных рек), то вопрос применения активированного угля при обработке природных вод требует более тщательного рассмотрения.

Таблица 2

Результаты лабораторных исследований обработки природной воды

Наименование показателя	Ед. измерения	Значение показателя			
		Исходная вода	1 схема	2 схема	
				ОХА	СА
Цветность	мг/дм ³	116	15	22	23
Мутность	мг/дм ³	7,25	0,52	0,41	4,1
Водородный показатель	ед. рН	6,92	7,21	7,17	6,66
Щелочность	мг-экв/дм ³	2,1	1,7	1,85	1,11
Железо общее	мг/дм ³	1,96	0,09	0,08	0,09
Марганец	мг/дм ³	0,08	0,06	0,06	0,07
Перманганатная окисляемость	мг О/дм ³	12,5	4,1	3,1	3,3

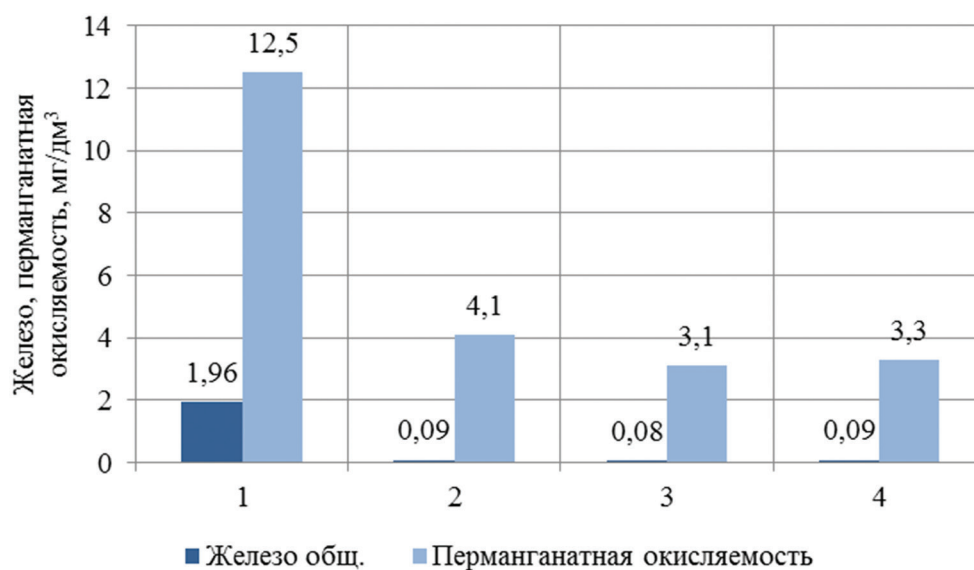


Рис. 1. Изменение содержания железа и перманганатной окисляемости в процессе обработки природной воды

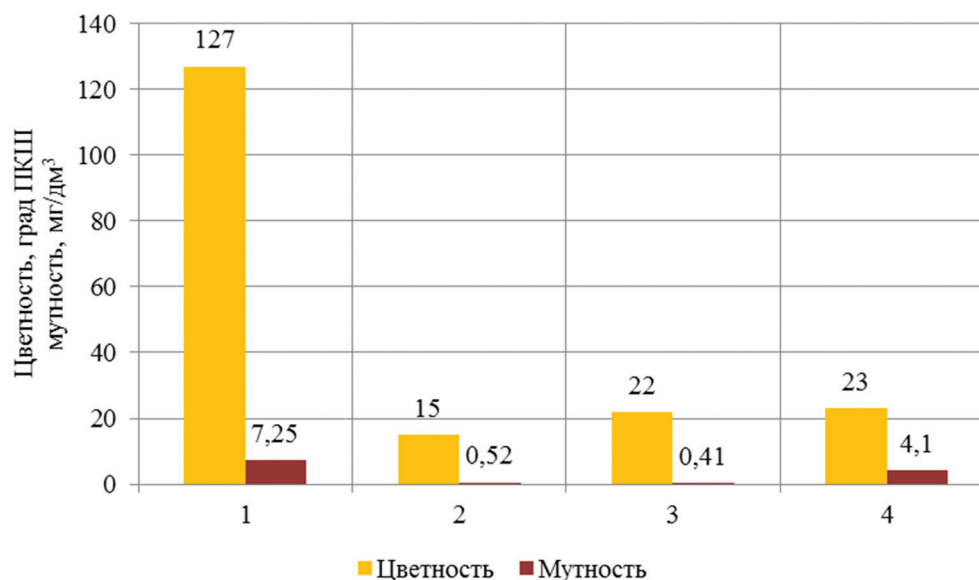


Рис. 2. Изменение цветности и мутности в процессе обработки природной воды

Выводы

- Качество воды Северной зоны региона относительно стабильно, и характерные показатели, формирующие технологическую схему, не превышают допустимых значений для принятия контактной коагуляции.
- Рекомендуемые значения скорости на прямоточном двухслойном (контактном) фильтре – 6-8 м/ч.
- Выявлены оптимальные дозы реагентов.
- Рекомендовано при повышенных содержаниях марганца, железа, окисляемости применение двухступенчатой технологической схемы с окислением перманганатом калия.
- При наличии антропогенных загрязнений необходимо рассмотреть применение активированного угля (углевание или фильтры).

Библиографический список

1. Критерии выбора наилучших доступных технологий по подготовке питьевой воды с учетом специфики полуострова Ямал / Н. Б. Пыстина, Н. В. Попадью, Р. Ю. Юнусов, А. М. Мальгин. – Текст : непосредственный // Вести газовой науки. – 2013. – № 2 (13). – С. 26–30.
2. Агбальян, Е. В. Характеристика химических показателей качества воды в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа / Е. В. Агбальян, Е. В. Шинкарук, В. Ю. Хорошавин. – Текст : непосредственный // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2016. – № 2 (91). – С. 44–49.
3. Схема водоснабжения и водоотведения муниципального образования Яр-Салинское Ямальского района ЯНАО на период 2015–2030 гг. / Администрация Муниципального образования Яр-Салинское ЯНАО : [сайт]. – URL : <http://adm-yarsale.ru/shema-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya.html>. – Текст : электронный (дата обращения : 13.11.2021).
4. Об утверждении схем водоснабжения и водоотведения муниципального образования село Салемал / Администрация Муниципального образования Село Салемал ЯНАО : [сайт]. – URL : <http://www.adm-salemal.ru/documents/559.html>. – Текст : электронный (дата обращения : 13.11.2021).
5. Клячко, В. А. Очистка природных вод / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. – Москва : Стройиздат, 1971. – 579 с. – Текст : непосредственный.
6. Копылов, А. С. Водоподготовка в энергетике : учебное пособие для студентов вузов / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков. – Москва : Издательство МЭИ, 2003. – 309 с. – Текст : непосредственный.
7. Бабенков, Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – Москва : Наука, 1977. – 356 с. – Текст : непосредственный.
8. Кульский, Л. А. Основы физико-химических методов обработки воды / Л. А. Кульский. – Москва : Издательство МКХ РСФСР, 1962. – 220 с. – Текст : непосредственный.
9. Кургаев, Е. Ф. Осветлители воды / Е. Ф. Кургаев. – Москва : Стройиздат, 1977. – 192 с. – Текст : непосредственный.
10. Гороновский, И. Т. Эксплуатация станций по подготовке хозяйственно-питьевой воды / И. Т. Гороновский, Г. Г. Руденко ; под ред. Л. А. Кульского. – Киев : Издательство «Будівельник», 1975. – 234 с. – Текст : непосредственный.
11. Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов / Л. А. Кульский, М. Н. Булава, И. Т. Гороновский, П. И. Смирнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Издательство «Будівельник», 1972. – 424 с. – Текст : непосредственный.
12. Жулин, А. Г. К разработке технологии снижения концентрации марганца в речной воде / А. Г. Жулин, О. В. Сидоренко, Л. В. Белова. – DOI: 10.32683/0536-1052-2020-734-2-36-46. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство. – 2020. – № 2. – С. 36–46.
13. Водоподготовка : справочник для профессионалов / под ред. С. Е. Беликова. – Москва : Акватерм, 2007. – 240 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Pystina, N. B., Popad'ko, N. V., Yunusov, R. Yu., & Mal'gin, A. M. (2013). Kriterii vybora nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy po podgotovke pit'evoy vody s uchetom spetsifiki poluostrova Yamal. Vesti Gazovoy Nauki, 2(13), pp. 26–30. (In Russian).
2. Agbalyan, E. V., Shinkaruk, E. V., & Khoroshavin, V. Yu. (2016). Kharakteristika khimicheskikh pokazateley kachestva vody v Tazovskom rayone Yamalo-Nenetskogo Avtonomnogo Okruga. Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District, 2(91), pp. 44–49. (In Russian).
3. Skhema vodosnabzheniya i vodootvedeniya munitsipal'nogo obrazovaniya Yar-Salinskoe Yamal'skogo rayona YaNAO na period 2015–2030 gg. Administratsiya Munitsipal'nogo obrazovaniya Yar-Salinskoe

YaNAO. (In Russian). Available at: <http://adm-yarsale.ru/shema-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya.html> (date of application: 13.11.2021).

4. Ob utverzhdenii skhem vodosnabzheniya i vodootvedeniya munitsipal'nogo obrazovaniya selo Salemal. Administratsiya Munitsipal'nogo obrazovaniya Selo Salemal YaNAO. (In Russian). Available at: <http://www.adm-salemal.ru/documents/559.html> (date of application: 13.11.2021).
5. Klyachko, V. A., & Apel'tsin, I. E. (1971). Ochistka prirodnikh vod. Moscow, Stroyizdat Publ., 579 p. (In Russian).
6. Kopylov, A. S. Lavygin, V. M., & Ochkov, V. F. (2003). Vodopodgotovka v energetike. Moscow, MEI Publ., 309 p. (In Russian).
7. Babenkov, E. D. (1977). Ochistka vody koagulyantami. Moscow, Nauka Publ., 356 p. (In Russian).
8. Kul'skiy, L. A. (1962). Osnovy fiziko-khimicheskikh metodov obrabotki vody. Moscow, Izdatel'stvo MKKh RSFSR Publ., 220 p. (In Russian).
9. Kurgaev, E. F. (1977). Osvetiteli vody. Moscow, Stroyizdat Publ., 192 p. (In Russian).
10. Goronovskiy, I. T., & Rudenko, G. G. (1975). Eksploatatsiya stantsiy po podgotovke khozyaystvenno-pit'evoy vody. Kiev, Budivel'nik Publ., 234 p. (In Russian).
11. Kul'skiy, L. A., Bulava, M. N., Goronovskiy, I. T., & Smirnov, P. I. (1972). Proektirovanie i raschet ochistnykh sooruzheniy vodoprovodov. 2nd edition, revised. Kiev, Budivel'nik Publ., 424 p. (In Russian).
12. Zhulin, A. G., Sidorenko, O. V., & Belova, L. V. (2020). Towards development of technology for reduction of manganese concentration in river water. News of Higher Educational Institutions. Construction, (2), pp. 36-46. (In Russian). DOI: 10.32683/0536-1052-2020-734-2-36-46
13. Belikov, S. E. (eds.) (2007). Vodopodgotovka: spravochnik dlya professionalov. Moscow, Akva-Term Publ., 240 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Жулин Александр Гаврилович, к. т. н., доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhulinag@tyuiu.ru

Сидоренко Ольга Владимировна, к. т. н., доцент, заведующая кафедрой инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

Белова Лариса Владимировна, к. т. н., доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Валова Мария Мансуровна, генеральный директор ООО «ТюменьПроектСервис», e-mail: valovamarija@mail.ru

Information about the authors

Alexander G. Zhulin, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhulinag@tyuiu.ru

Olga V. Sidorenko, Candidate of Engineering, Associate Professor, Head at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

Larisa V. Belova, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Marija M. Valova, Director General of LLC «TyumenProjectService», e-mail: valovamarija@mail.ru

Для цитирования: К обоснованию технологической схемы станций водоочистки Северной зоны Тюменского региона / А. Г. Жулин, О. В. Сидоренко, Л. В. Белова, М. М. Валова. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-26-33. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 26–33.

For citation: Zhulin, A. G., Sidorenko, O. V., Belova, L. V., & Valova, M. M. (2021). Justification of the technological scheme of water treatment plants in the Northern zone of the Tyumen region. Architecture, construction, transport, (4), pp. 26-33. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-26-33.

РАСЧЕТ КОНСОЛИДАЦИИ ГРУНТОВ С УЧЕТОМ ВСЕХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДАННЫЙ ПРОЦЕСС

В. Д. Гейдт, Л. В. Гейдт, А. В. Гейдт
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

CALCULATION OF SOIL CONSOLIDATION TAKING INTO ACCOUNT ALL MAJOR PARAMETERS AFFECTING THIS PROCESS

Vladimir D. Geidt, Larisa V. Geidt, Andrey V. Geidt
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Поиск способов ускорения подготовки оснований на водонасыщенных заторфованных территориях является актуальной задачей и требует дальнейшего научного изучения. Проведенные исследования позволили установить, что вибровоздействие может быть эффективным средством ускорения консолидации водонасыщенных грунтов оснований. По результатам теоретических и экспериментальных исследований был разработан метод численного решения задачи.

Ключевые слова: водонасыщенный грунт, консолидация, поровое давление, глубинное вибровоздействие, напряжения

Abstract. The search for ways of accelerating the preparation of bases on water-saturated boggy areas is an up-to-date problem and requires further scientific study. The conducted researches made it possible to establish that vibration can be an effective means of accelerating the consolidation of water-saturated soils of the bases. Using theoretical and experimental research, a method for numerical solution of the problem was developed.

Key words: water-saturated soil, consolidation, pore pressure, deep vibration, stresses

Введение

Инженерная подготовка территории – важнейшая задача при обустройстве нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. При этом вопрос сокращения сроков и скорости консолидации (уплотнения) слабых водонасыщен-

ных грунтов является основным. Значительно усложняют его решение климатические условия региона, где инженерную подготовку территории под строительство приходится осуществлять за время короткого сибирского лета. Между тем, спрос на углеводородное сырье по-прежнему

высок, и промедление в вопросах добычи чревато негативными экономическими эффектами. В связи с этим поиск способов ускорения подготовки оснований на водонасыщенных заторфованных территориях, а в Тюменской области торфяные грунты занимают около 70 % площади, до сих пор является актуальным.

В современной строительной практике в целях ускорения консолидации грунтов хорошо себя зарекомендовало вертикальное дренирование [1–3]. Однако в условиях Тюменской области (особенно ее северных территорий) просто дренирования оснований, сложенных водонасыщенными торфами и заторфованными грунтами, оказывается недостаточно. Необходимо использовать комплексное воздействие на грунты основания, а именно – совмещать дренирование и глубинное вибровоздействие в междренном пространстве, что в свою очередь создает избыточное поровое давление с последующим увеличением оттока воды в дрена [4, 5]. Сочетание этих двух способов может значительно ускорить процесс консолидации.

Объект и методы исследования

Сущность уплотнения грунтов глубинной вибрацией заключается в следующем. Специальный механизм приводит в движение вибратор, который находится на поверхности (в таком случае имеет место быть поверхностная вибрация) или внутри уплотняемого слоя (тогда осуществляется глубинная вибрация) и является источником колебательных движений отдельных частиц и агрегатов грунта. За счет кинетической энергии вибратора расположенные в зоне его действия частицы грунта начинают колебаться и смещаться относительно друг друга и, переориентируясь, уплотняться. Эффект увеличения плотности грунтов зависит от ряда факторов, к главным из них следует отнести степень однородности размеров частиц – структурные связи между ними.

Если группа частиц расположена в зоне действия вибратора и находится в состоянии колебательных движений, то в них будут развиваться инерционные силы, величина которых прямопропорциональна массам частиц. Так как массы ча-

стиц неодинаковы, то за счет разности в силах инерции на их границах возникают напряжения. Чем больше разница в местах отдельных частиц грунта, тем скорее происходит относительное перемещение частиц и тем слабее силы связи между ними. Таким образом посредством вибрации осуществляется эффективное уплотнение несвязного грунта, включающего в себя частицы различной крупности со слабыми связями.

Авторами было проведено исследование, посвященное изучению процесса консолидации при влиянии глубинного вибрирования на водонасыщенный пригруженный грунт с вертикальными дренами и без дрен [6–8]. Осуществлена серия лабораторных и численных экспериментов. Данные, полученные в ходе экспериментов, были использованы для разработки математической модели этих процессов. Их сравнение с результатами измерений, которые были получены в лабораторных условиях, позволило сделать вывод, что уровень данной модели является адекватным. Указанная математическая модель реализована в комплекте программ, написанных в среде визуального объектно-ориентированного программирования для расчетов на ЭВМ процессов консолидации заторфованных оснований при наличии дрен и вибрации.

Полученная математическая модель консолидации заторфованного грунта в условиях полного водонасыщения и отсутствия газовой фазы позволяет прогнозировать зависимость осадки, порового давления и напряжения в грунте от времени и координат, а также комплексно учитывать целый ряд факторов. Среди них – переменность и нелинейность сжимаемости от внешней нагрузки, режимы вибрации, различие водопроницаемости грунта в горизонтальном и вертикальном направлениях, геометрические размеры дрен и расстояния между ними, а также ряд других.

Экспериментальная часть

В лабораторных условиях определялись:

- зависимости от времени избыточного давления в поровой воде P в отдельных точках образца после включения и после выключения вибратора в условиях отсутствия оттока воды;

- значения количеств воды, отфильтрованной в горизонтальных и вертикальных направлениях при различных режимах вибрации.

В полевых условиях измерены временные зависимости избыточного давления в поровой воде P в отдельных точках, а также осадки исследуемого основания на различном удалении от оси вибрирования.

Анализ данных экспериментальных исследований позволил прийти к следующим выводам. Вибровоздействие приводит к значительному увеличению избыточного порового давления P , которое, между тем, не превышает величины внешней нагрузки. Увеличение порового давления сопровождается уменьшением напряжения в скелете на соответствующую величину.

Относительно величины максимального избыточного порового давления P_{max} выявлены следующие закономерности:

- до некоторого критического радиуса $R_{крит}$ величина максимального увеличения избыточного порового давления P_{max} равна внешней нагрузке;
- на расстояниях от оси вибрации, превышающих этот критический радиус, величина P_{max} уменьшается с увеличением расстояния от оси вибрирования;
- критическое расстояние увеличивается с увеличением интенсивности вибрирования и уменьшается с уменьшением коэффициента пористости e ;
- на расстояниях от оси вибрирования $R < R_{крит}$ давление в поровой воде P_{max} не зависит от R . При $R > R_{крит}$ величина максимального увеличения избыточного порового давления P_{max} уменьшается с увеличением R .

Ярко выраженный «релаксационный» характер носит увеличение избыточного порового давления P во времени после включения вибрации, а также уменьшение избыточного порового давления P после завершения вибрации.

Вибровоздействие не приводит к нарушению известного соотношения $P = q$, где q – величина внешней статической нагрузки.

Количество отфильтрованной воды при наличии вертикальной дрены увеличивается по срав-

нению с одномерной консолидацией приблизительно в 1,2 раза. Обнаружено, что количество воды, отфильтрованной при наличии вертикальной дрены, сложным образом связано с длительностью предварительной одномерной консолидации. Однако этот эффект не превышает 10 %.

Исследования показали, что в начальный момент времени при включении вибратора скорость консолидации возрастает (по сравнению с безвибрационной на 30 %). Однако через несколько секунд скорость оттока воды – как в вертикальном, так и в радиальном направлениях – практически не зависит от вибровоздействия.

Предложенная модель процесса консолидации при глубинном вибровоздействии удовлетворительно согласуется с результатами измерений в лабораторных условиях. Впервые в практику лабораторных исследований процесса консолидации введены замеры количества отфильтрованной воды в качестве удобной, надежной и достаточно информативной (относительно изучаемого процесса консолидации) измеряемой величины.

Предложенная математическая модель позволяет комплексно учитывать:

- результаты компрессионных испытаний;
- нелинейную зависимость водопроницаемости от коэффициента пористости;
- различие водопроницаемости грунта в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- скорости распространения, диссипации и затухания механических волн в среде;
- режимы вибрации;
- геометрические размеры дрен и расстояния между ними;
- механизм взаимодействия продольных волн с водонасыщенным торфом;
- водопроницаемость грунта, подстилающего торфяную толщу.

В программе *Vibro-Drena* весь процесс расчета разбит на три этапа. Это – довибрационная (одномерная) консолидация; консолидация в условиях непосредственного вибровоздействия; послевибрационная консолидация.

Используемые входные данные в программах можно представить в виде таблиц на рис. 1, 2.

Исходные данные

Количество			Параметры, определяющие выбор граничных условий (водопор или водоотвод)			Основная нагрузка			Зона влияния $D_e, м$	Коэффициент вибрации O_v
слоев грунта L_o	столбов L_h	этапов нагружения I_q	отметка измерения $Z_{B'}, м$	степень консолидации в вертикальном направлении U_v	степень консолидации в радиальном направлении U_r	ширина $B_{r'}, м$	длина $A_{r'}, м$	отметка $Z_{r'}, м$		

Траектория нагружения

Нагрузка $F_{q'}, кПа$	Поровое давление на отм. Z_B $P_{B'}, кПа$	Время $T_{q'}, мин$

Слои грунта

Толщина слоя $H, м$	Плотность частиц $\rho, г/см^3$	Коэффициент пористости $e, д. ед.$

Параметры консолидирующихся слоев

Номер слоя K_i	Цементная прочность $dF_c, кПа$	Давление насыпи, $P, кПа$	Характерная		Упругая доля $O_u, кПа$	Сжатие пластическое $A_s, кПа$	Проницаемость		Боковое давление	
			сжимаемость $E, кПа$	проницаемость $K_x, мм^2$			изменение $C_k, мм^2$	анизотропия $O_K, мм^2$	начальное $C_o, кПа$	первичное $C_{nc}, кПа$

Сводка общих и контрольных данных

Точка в расчетной координатной сетке ТЧК КРС	Глубина $A_m, м$	Средние эффективные напряжения				$dF/F_o, кПа$
		бытовые $F_o, кПа$	дополнительные $dF, кПа$	текучести $F_p, кПа$	цементная прочность $F_c, кПа$	

Рис. 1. Представление исходных данных и результатов расчета.
Таблицы ввода исходных данных

Условно-мгновенное конечное состояние

Точка в расчетной координатной сетке ТЧК КРС	Эффективное напряжение F , кПа	Избыточное поровое давление dP , кПа	Коэффициент пористости e , д. ед.	Вертикальное перемещение S , мм	S , мм / e , д. ед.

Ход консолидации

Точка в расчетной координатной сетке ТЧК КРС	Эффективное напряжение F , кПа	Избыточное поровое давление dP , кПа	Коэффициент пористости e , д. ед.	Вертикальное перемещение S , мм	S , мм / dP , кПа

Рис. 2. Представление исходных данных и результатов расчета.
Таблицы вывода результатов расчета и ординаты эпюр для их графической интерпретации

Выходные величины представляются в виде графиков в соответствующий момент времени, заданный входным расписанием, в соответствии с которым на экране отображаются графики, а также результаты пространственно-временных

выходных величин. На рис. 3–8 для наглядности приведены некоторые графики зависимости исследуемых величин, полученные по результатам программирования на ЭВМ процессов вибрационной консолидации.

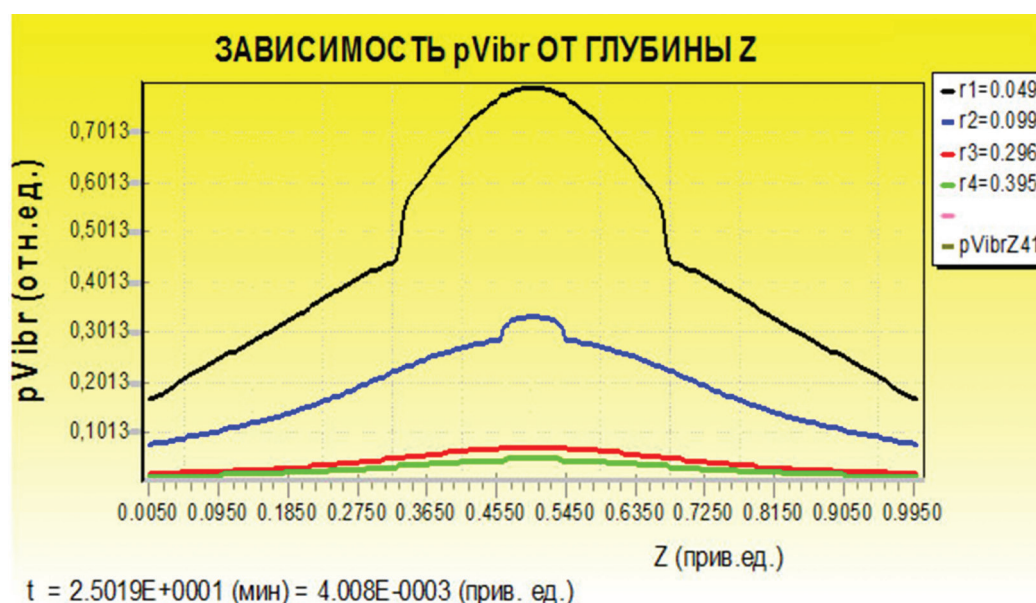


Рис. 3. Результаты расчетов вибрационного давления от глубины

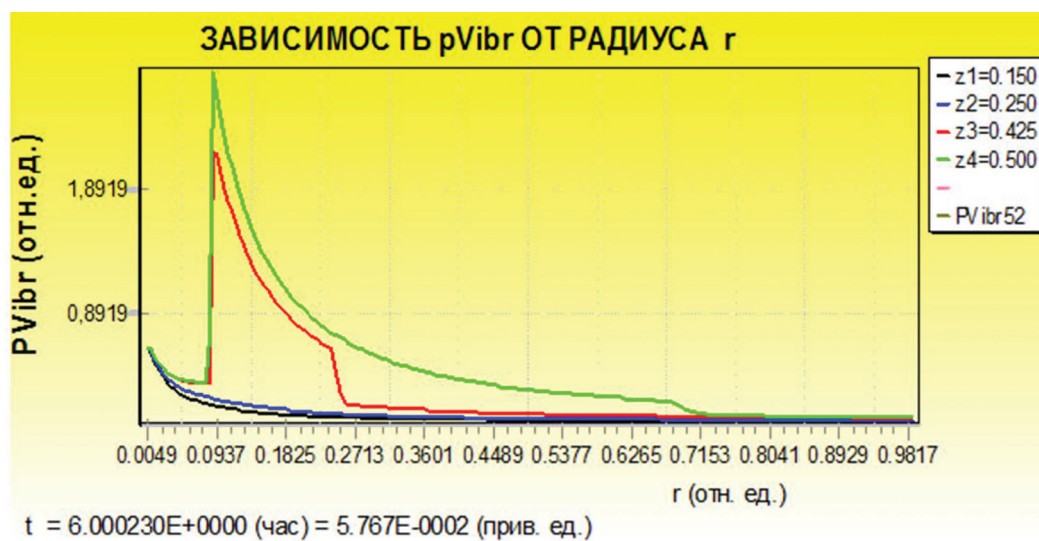


Рис. 4. Результаты расчетов вибрационного давления от радиуса

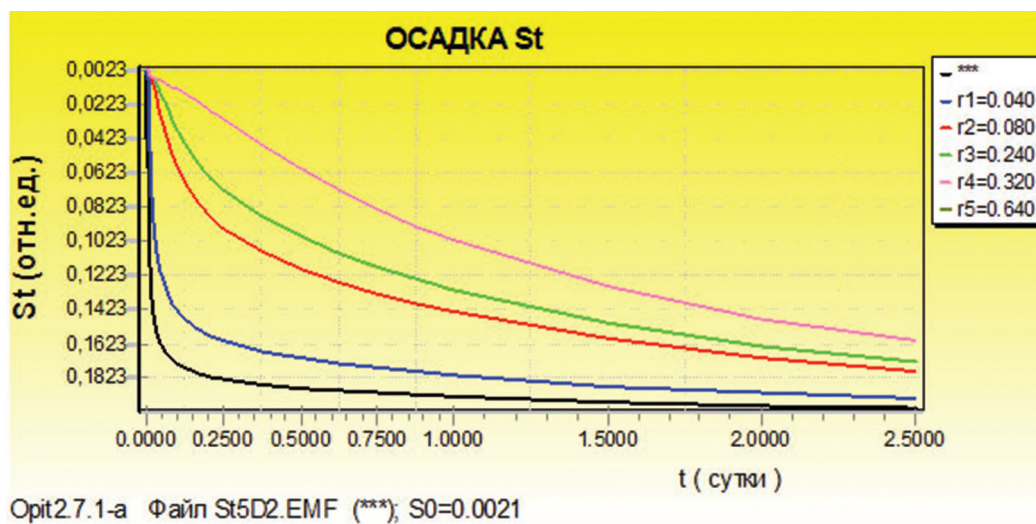


Рис. 5. Результаты расчетов осадки

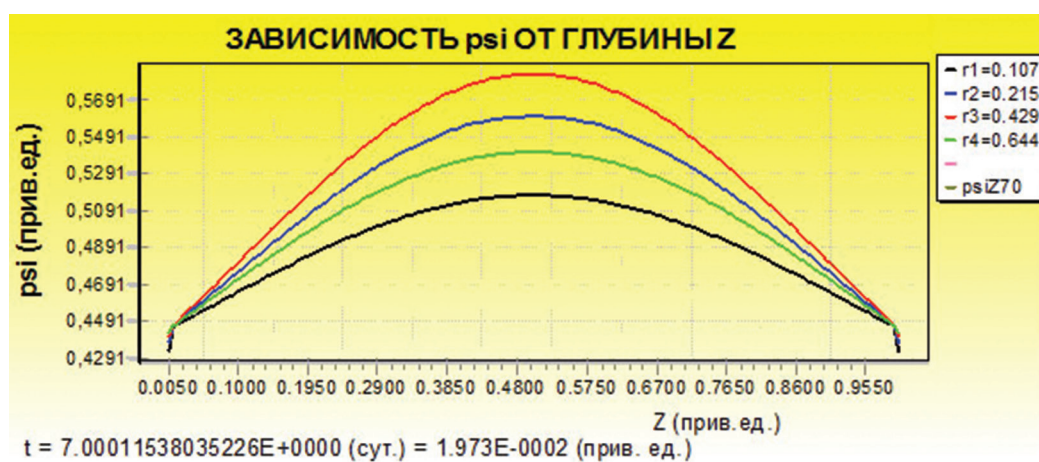


Рис. 6. График зависимости приведенного коэффициента пористости от глубины для разных удалений от дрены

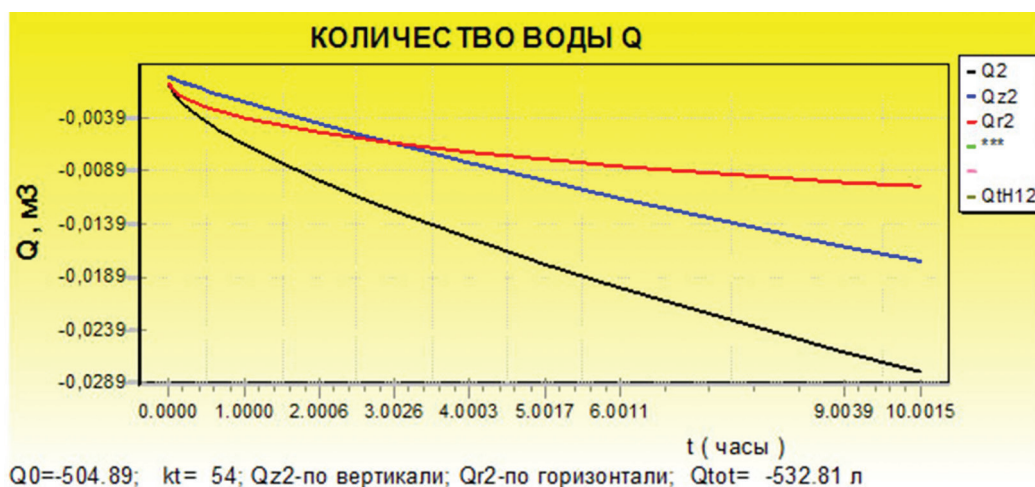


Рис. 7. График зависимости удаленной воды в горизонтальном (Q_{z2}) и вертикальном (Q_{r2}) направлениях в сравнении с суммарным количеством удаленной воды

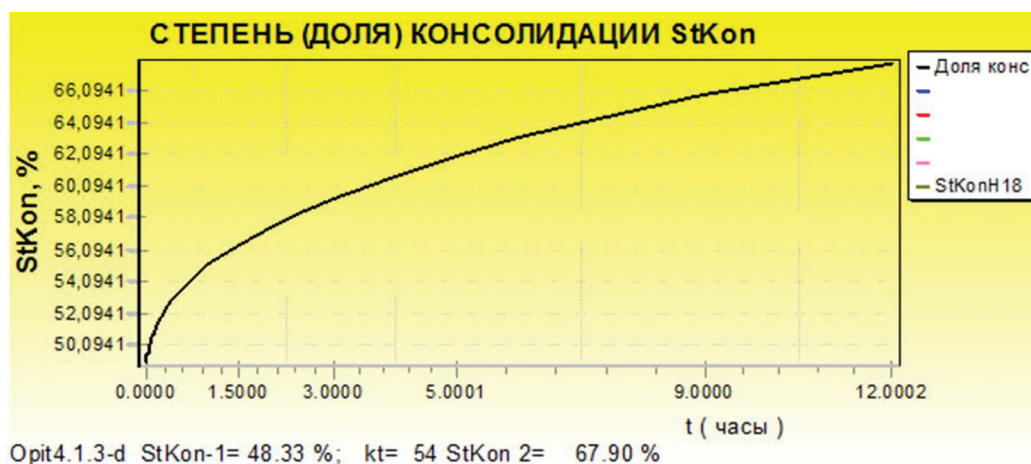


Рис. 8. Степень консолидации

Большое значение для успешной эксплуатации программы имеет оптимальная подготовка исходных данных, при выборе которых насколько возможно сокращено их число, т. к. при большом количестве вводимых данных неизбежно совершение случайных ошибок пользователя программы. Уменьшает число ошибок при использовании дисплея и удобная форма ввода данных в виде представленных выше таблиц, в оглавлении колонок которых указывается наименование данного, его размерность и формат (рис. 1). Уменьшает число ошибок пользователей и ввод данных только в форме с фиксированной запятой. Она используется даже для целых данных, а их обращение к целой форме производится внутри программы.

Сократить количество вводимых исходных данных по сравнению с обычными программами такого типа удалось за счет выполнения операций определения числа расчетных точек, а также толщины подслоя и шага по времени внутри самой программы. Например, толщина подслоя определяется по данным о толщинах разнородных слоев. Вначале вычисляется наибольшее общее кратное этих толщин. Если оно оказывается меньше максимально допустимого, то это кратное принимается в качестве шага. Если нет, то наибольшее кратное последовательно уменьшаем в два раза, пока кратное не окажется меньшим максимально допустимого шага. Первое кратное, удовлетворяющее этому условию, принимается в качестве шага.

Результаты

Результаты расчетов выводятся в виде таблиц (рис. 2). В каждой из них содержатся относящиеся к определенной степени осадки основания и соответствующего ей момента времени, значения порового давления, коэффициента пористости и осадки каждой точки разностной сетки, т. е. их эпюры. Оси эпюр располагаются на свободном месте справа от таблиц. Кроме того, отдельными строками выводится величина времени условной стабилизации скорости осадки основания и ее максимальное за период консолидации значение.

Надежность современных программ очень высока, т. к. отказы и сбои в процессе счета контролируются. Однако сомнения в достоверности результатов расчетов оправданны, поскольку даже после отладки программы остаются не обнаруженные ошибки и могут быть машинные сбои. Поэтому необходимо контролировать результаты расчетов, получая их, по крайней мере, за две прогонки программы с одним и тем же вариантом исходных данных, чтобы убедиться, что результаты не искажены влиянием случайных сбоев или не обнаруженных отказов машины. Двойной счет лучше выполнять на различных ЭВМ или на одной и той же машине, но с некоторым интервалом (не менее 1-2 суток). Совпадение результатов двух расчетов является критерием отсутствия ошибок, связанных с работой ЭВМ.

Обсуждение

Независимыми от ЭВМ являются погрешности расчета, связанные с заменой производной конечной разностью. Эти погрешности можно контролировать и регулировать посредством изменения шага конечно-разностной сетки. При достаточно малом фиксированном шаге по глубине основания (толщине подслоя) уменьшение шага по времени вызывает уменьшение погрешности численного метода вплоть до заданной точности. В программе *Vibro-Drena* такая процедура предусмотрена алгоритмом самой программы, и она осуществляется автоматически при любом расчете. Предварительные расчеты показали, что оптимальная толщина подслоя соответствует

примерно двадцатой доле максимального расстояния до поверхности дренирования. Поэтому в программе заложена разбивка на соответствующее количество точек по глубине.

Еще одной возможностью контроля точности численного решения является сравнение результатов известных точных аналитических решений с результатами решения тех же задач численным методом. Нами было произведено такое сравнение для расчета изменения степени консолидации во времени нормально уплотненной глины ($e_o = e_{po}$). Легко показать, что решения, которые получаются путем допущений относительно линейных зависимостей и при $C_c = C_k$, можно считать идентичными решениями классической теории, если при использовании последней коэффициент консолидации определять по формуле:

$$C_v = \frac{K_p(1 + e_{1-2})}{\gamma_w C_c} \sigma'_{ocp} \ln 10.$$

Кроме того, для проверки правильности учета программой слоистости основания можно рассчитать однородное основание по слоистой схеме, принимая во всех слоях одинаковые параметры. При этом результаты по однородной и слоистой схеме должны совпасть.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что разработанный метод расчета консолидации дренированных заторфованных оснований и методика его численной реализации методом конечных разностей на ЭВМ (программа *Vibro-Drena*) дает достаточно точные результаты, вполне отвечающие требованиям инженерной практики.

Данный расчет консолидации дренированных оснований позволяет учесть его слоистость, скорость загрузки, фильтрационную анизотропию [9]. Сравнение осадок, полученных численным методом и замеренных в натуральных условиях, дали хорошую сходимость.

Библиографический список

1. Коновалов, П. А. Особенности консолидации торфяных толщ Западной Сибири при инженерной подготовке территории намывом / П. А. Коновалов, И. Н. Кулебякин, С. Я. Кушнир // Сборник статей. – Гомель, 1981. – С. 33–34. – Текст : непосредственный.
2. Абелев, М. Ю. Строительство гражданских и промышленных сооружений на слабых водонасыщенных грунтах / М. Ю. Абелев. – Москва : Стройиздат, 1983. – 248 с. – Текст : непосредственный.
3. Коновалов, П. А. Строительство сооружений на заторфованных территориях / П. А. Коновалов. – Москва : Стройиздат, 1995. – 343 с. – Текст : непосредственный.
4. Hansbo, S. Consolidation of clay with special reference to influence of vertical sand drains / S. Hansbo. – Direct text // A Study Made in Connection with Full-Scale Investigations at Skå-Edeby. Swedish Geotechnical Institute Proceedings. No. 18. – Stockholm : Ivar Häggströms Boktryckeri AB, 1960. – 166 p.
5. Hansbo, S. Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains / S. Hansbo. – Direct text // Ground Engineering. – 1979. – Vol. 12, Issue 5. – P. 16–25.
6. Гейдт, В. Д. Механизм влияния глубинной вибрации на изменение физического состояния грунта / В. Д. Гейдт, Л. В. Гейдт, А. В. Гейдт. – DOI: 10.25628/UNIIP.2019.40.1.014. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2019. – № 1 (40). – С. 79–82.
7. Патент на изобретение SU 1792466 Союз Советских Социалистических Республик, МПК E02B 11/00. Способ строительства дренажа : № 4881246 : заявл. 29.08.1990; опубл. 30.01.1993 / Коновалов П. А., Бреднев А. В., Гейдт В. Д., Остюков Б. С., Кушнир С. Я., Никифорова Н. С. : патентообладатель Гейдт Владимир Давыдович. – 2 с. – Текст : непосредственный.
8. Гейдт, В. Д. Лабораторные исследования скорости консолидации грунта при устройстве песчаных дрен : на примере Западной Сибири / В. Д. Гейдт, Л. В. Гейдт. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2018. – № 1 (36). – С. 67–71.
9. Fondjo, A. A. Swelling Stress and Suction Correlation of Compacted, Heaving Soils / A. A. Fondjo, T. C. Dzogbewu. – DOI:10.13189/cea.2020.080434. – Direct text // Civil Engineering and Architecture. – 2020. – Vol. 8. – No. 4. – P. 721–733.

References

1. Konovalov, P. A., Kulebyakin, I. N., & Kushnir, S. Ya. (1981). Osobennosti konsolidatsii torfyanykh tolshch Zapadnoy Sibiri pri inzhenernoy podgotovke territorii namyvom. Sbornik statey. Gomel, pp. 33-34. (In Russian).
2. Abelev, M. Yu. (1983). Stroitel'stvo grazhdanskikh i promyshlennykh sooruzheniy na slabykh vodonasyschennykh gruntakh. Moscow, Stroyizdat Publ., 248 p. (In Russian).
3. Konovalov, P. A. (1995). Stroitel'stvo sooruzheniy na zatorfovannykh territoriyakh. Moscow, Stroyizdat Publ., 343 p. (In Russian).
4. Hansbo, S. (1960). Consolidation of clay with special reference to influence of vertical sand drains. A Study Made in Connection with Full-Scale Investigations at Skå-Edeby. Swedish Geotechnical Institute Proceedings No. 18. Stockholm, Publ. Ivar Häggströms Boktryckeri AB, 166 p. (In English).
5. Hansbo, S. (1979). Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains. Ground Engineering, 12(5), pp. 16-25. (In English).
6. Geidt, V. D., Geidt, L. V., & Geidt, A. V. (2019). The mechanism of influence of deep vibrations to change the physical condition of the soil. Akademicheskij vestnik Uralniiproekt RAASN, 1(40), pp. 79-82. (In Russian). DOI 10.25628/UNIIP.2019.40.1.014
7. Konovalov, P. A., Brednev, A. V., Gejdt, V. D., Ostyukov, B. S., Kushnir, S. Ya., & Nikiforova, N. S. Method for installation of drainage. Patent na izobretenie 1792466 SU, MPK E02B 11/00. No 4881246. Applied: 29.08.1990. Published: 30.01.1993. (In Russian).

-
8. Heidt, V. D., & Heidt, L. V. (2018). Laboratory investigations of the speed of ground consolidation under the sand drene device: on the example of Western Siberia. *Akademicheskij vestnik Uralniiproekt RAASN*, 1(36), pp. 67-71. (In Russian).
 9. Fondjo, A. A., & Dzogbewu, T. C. (2020). Swelling Stress and Suction Correlation of Com-pacted, Heaving Soils. *Civil Engineering and Architecture*, 8(4), pp. 721-733. (In English). DOI:10.13189/cea.2020.080434

Сведения об авторах

Гейдт Владимир Давидович, к. т. н., доцент кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, e-mail: gejdtdv@tyuiu.ru

Гейдт Лариса Викторовна, старший преподаватель кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, e-mail: gejdtlv@tyuiu.ru

Гейдт Андрей Владимирович, аспирант кафедры строительного производства, Тюменский индустриальный университет, e-mail: gejdtav@tyuiu.ru

Information about the authors

Vladimir D. Geidt, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Construction Engineering, Industrial University of Tyumen, e-mail: gejdtdv@tyuiu.ru

Larisa V. Geidt, Senior Lecturer at the Department of Construction Engineering, Industrial University of Tyumen, e-mail: gejdtlv@tyuiu.ru

Andrey V. Geidt, Postgraduate Student at the Department of Construction Engineering, Industrial University of Tyumen, e-mail: gejdtav@tyuiu.ru

Для цитирования: Гейдт, В. Д. Расчет консолидации грунтов с учетом всех основных параметров, влияющих на данный процесс / В. Д. Гейдт, Л. В. Гейдт, А. В. Гейдт. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-34-43. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 34–43.

For citation: Geidt, V. D., Geidt, L. V., & Geidt, A. V. (2021). Calculation of soil consolidation taking into account all major parameters affecting this process. *Architecture, construction, transport*, (4), pp. 34-43. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-34-43.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УЧЕТ ЗОН УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ В ПК ANSYS

Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

MODELING AND ACCOUNTING OF STRENGTHENING ZONES OF THIN-WALLED STEEL PROFILES IN ANSYS

Natalya D. Korsun, Darya A. Prostakishina
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье описан процесс и отражены результаты моделирования стального тонкостенного сигма-профиля, работающего в условиях осевого сжатия в ПК ANSYS. Моделирование выполнено с учетом зон упрочнения стали по сечению профиля. Приведен анализ полученных результатов, выполнено их сравнение с результатами, полученными в ПК STARK.

Abstract. The article describes the process and reflects the results of modeling a steel thin-walled sigma profile operating under axial compression in the ANSYS software. Modeling is carried out taking into account the zones of hardening of steel along the profile section. The results are analyzed and compared with the results obtained in STARK.

Ключевые слова: стальные тонкостенные профили, упрочнение стали, легкие стальные тонкостенные конструкции, холодногнутый профиль

Key words: thin-walled steel profiles, steel hardening, lightweight thin-walled steel structures, cold-formed profile

Введение

Применение тонкостенных профилей в стальном строительстве является одним из наиболее актуальных и экономичных решений в связи с их малой металлоемкостью, энергоэффективностью производства, а также отсутстви-

ем необходимости применения большой грузоподъемной техники на площадке строительства [1]. В России данная технология получила свое развитие только в конце XX века [2], конструкции стали применять при строительстве ангаров и зданий складского назначения, а также более

крупных объектов [3]. За последние шесть лет объем их использования вырос в четыре раза [4]. Однако более широкому применению мешает несовершенство методики расчета элементов, в частности, это относится к учету упрочнения стали в местахгиба профиля и к учету начальных геометрических несовершенств.

Тонкостенными называют профили, полученные из листового проката толщиной менее 4 мм путем холодногогиба. Проектирование элементов из тонкостенных профилей не может осуществляться по СП 16.13330.2017 именно ввиду того, что толщина металла составляет менее 4 мм. В июне 2017 года вступил в силу СП 260.1325800.2016, представляющий собой адаптированный перевод Еврокода EN 1993-1-3, который предполагает большое количество экспериментов, что неприемлемо для российской системы строительного проектирования.

Упрочнение стали в местахгиба холодногнутого тонкостенного профиля связано с деформацией металла, перемещением и образованием новых дислокаций – дефектов кристаллической решетки. При уплотнении решетки, росте взаимодействия дислокаций уменьшается их подвижность и, как следствие, увеличивается прочность металла.

Следует отметить, что увеличение прочности приводит к снижению пластичности. Из-за холодной обработки изотропного в целом металла формируется направленность микроструктуры и изменяются его свойства в зонегиба с изотропных на анизотропные. В связи с этим при высоком уровне растягивающих напряжений высок риск хрупкого разрушения.

Еще одной особенностью работы тонкостенных профилей является высокая гибкость элементов сечения (стенок, полок). Для элементов из тонкостенных профилей при сжимающих напряжениях несущая способность обеспечивается не полным сечением, а только эффективной его частью, под которой подразумевается часть сечения, не потерявшая устойчивости при местном деформировании и деформировании формы сечения.

Сводом правил 260.1325800.2016 допускается использовать в расчетах изменчивость меха-

нических свойств стали, выделять зоны упрочнения, сопротивления стали задавать на основании экспериментальных данных, предполагающих большое количество опытов. Однако пояснения по поводу учета зон упрочнения в инженерном расчете отсутствуют.

Глобальной целью данного исследования является уточнение методики расчета с учетом неравномерного распределения механических свойств стали по сечению профиля, а также начальных геометрических несовершенств элементов. Для достижения указанной цели авторами поставлены и решены следующие задачи.

1. На основании изученных трудов [5–9] были проведены экспериментальные исследования на крупномасштабных выборках образцов. Серии испытаний прочности стали разрушающими и неразрушающими методами позволили подтвердить наличие зон упрочнения металла в местах холодногогиба в сечении профиля [10]. Выделено четыре зоны: 1) местагиба под прямым углом, коэффициент упрочнения (далее по тексту – k) = 1,32; 2) местагиба под тупым углом, $k = 1,27$; 3) плоские участки, прилегающие к местамгиба, $k = 1,17$; 4) средние зоны плоских участков $k = 1,04$.
2. Решена тестовая задача и проведен анализ учета влияния зон упрочнения стали в модели тонкостенного элемента в прикладном программном комплексе STARK. Полученные результаты показали улучшение работы профиля на сжатие: закритическая работа наступает позже, стержень ведет себя более устойчиво, деформации снижены более чем в три раза [11].

На данном этапе исследования перед авторами стоит задача моделирования условий дальнейшего лабораторного эксперимента по испытанию стоек на сжатие с учетом контролируемых параметров зон упрочнения, начальных несовершенств, НДС на этапах нагружения до разрушающей нагрузки.

Задача решается средствами ПК ANSYS. Использование данного программного комплекса обосновано реализованной в программе физической моделью материала, а также дальнейшим

развитием исследования с учетом начальных геометрических несовершенств профиля. В отличие от прикладных программных комплексов, где в качестве диаграммы стали реализована диаграмма Прандтля, ПК ANSYS реализует в себе билинейную и мультилинейную модели материала, что позволяет описать работу стали в закритической области и получить результаты численного эксперимента, наиболее полно отражающие реальную работу физического образца вплоть до разрушения.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования принят образец одиночного тонкостенного сигма-профиля высотой сечения 300 мм и толщиной листа 2,5 мм (рис. 1а). Материал образцов – сталь 350 по ГОСТ Р 52246-2016.

Образец длиной 4,5 м закреплен в опорной зоне и в оголовке шарнирно с запретом линей-

ных перемещений. Элемент работает в условиях осевого сжатия. Величина нагрузки принималась исходя из решения задачи устойчивости и полученной критической нагрузки для первой формы 25,5 тс. Для анализа закритической работы профиля была принята нагрузка 32,0 тс. Расчетная схема образца представлена на рис. 1б. Зоны упрочнения стали по сечению профиля, принятые при моделировании, представлены на рис. 1в.

Экспериментальная часть

Численное моделирование производилось в ПК ANSYS. Первым этапом построения модели задавалась геометрическая схема объекта с использованием модуля SpaceClaim. Элемент формировался путем выдавливания твердого тела с заданным эскизом сечения, соответствующим реальной геометрии профиля, без упрощений (рис. 2).

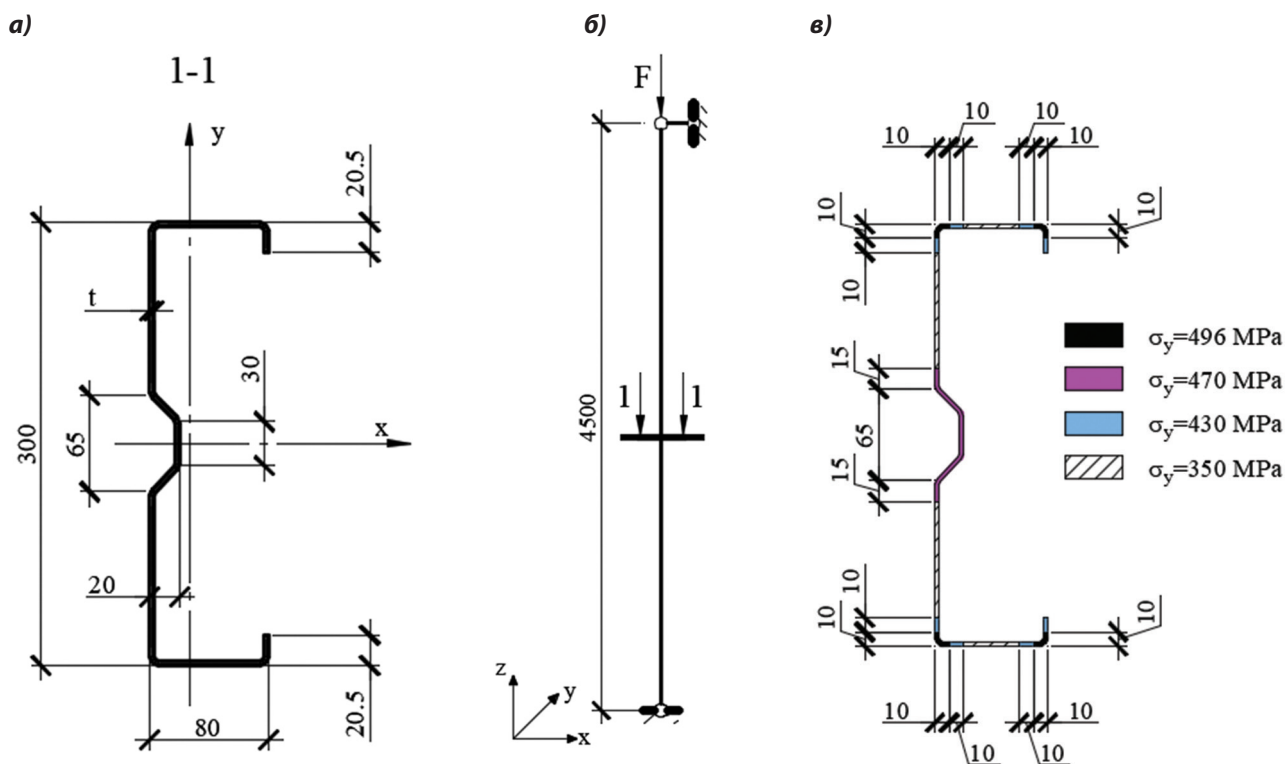


Рис. 1. Объект исследования: а) поперечное сечение профиля объекта исследования; б) расчетная схема объекта исследования; в) распределение механических свойств стали по сечению профиля (здесь σ_T – предел текучести стали)

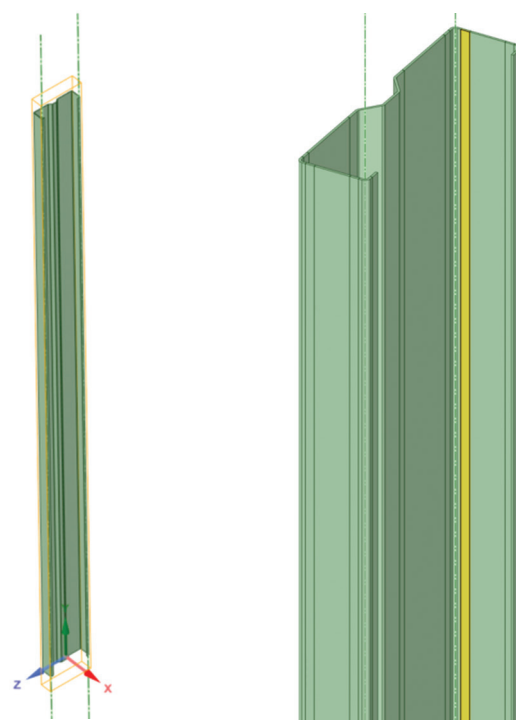
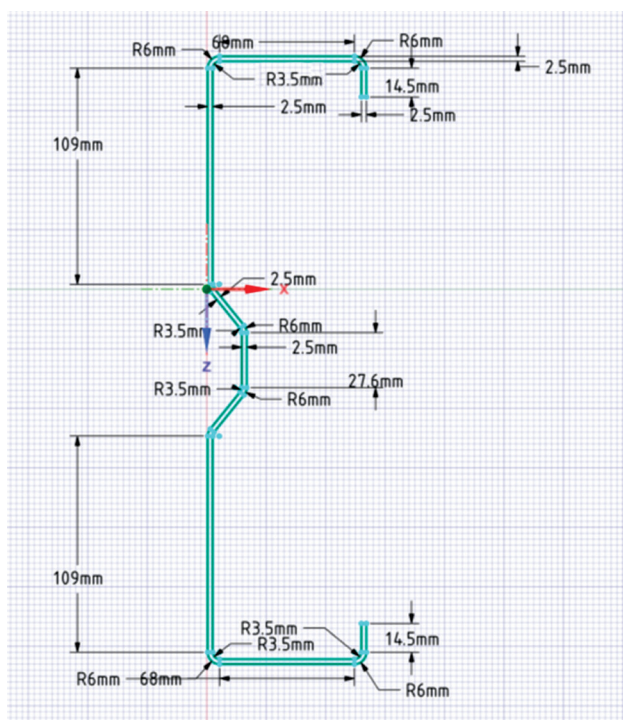


Рис. 2. Формирование геометрии образца

На этапе построения геометрии модель разделялась по сечению на 17 отдельных элементов, соответствующих зоне упрочнения профиля, что связано с особенностями назначения материала. В дальнейшем данная модель передавалась в качестве исходных данных в модуль Workbench для решения задачи Static Structural.

Материалы элементов формировались в блоке Engineering Date как билинейные модели нелинейного материала. Билинейная модель отличается от стандартной диаграммы Прандт-

ля наличием касательного модуля упругости, который определялся в соответствии с AISI. На рис. 3 представлено формирование материала для зоныгиба профиля под прямым углом, для остальных зон формирование выполнялось аналогично.

Формирование сетки конечных элементов выполнялось автоматически с учетом заданных параметров: размеров и углов конечных элементов, в зонахгиба выполнялось сгущение сетки конечных элементов (рис. 4).

Properties of Outline Row 3: Zone 1			
	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	7750	kg m ⁻³
4	Isotropic Elasticity		
5	Derive from	Young's Modulus and Poisson...	
6	Young's Modulus	3E+05	MPa
7	Poisson's Ratio	0.31	
8	Bulk Modulus	2.6316E+11	Pa
9	Shear Modulus	1.145E+11	Pa
10	Bilinear Isotropic Hardening		
11	Yield Strength	495.91	MPa
12	Tangent Modulus	2830	MPa

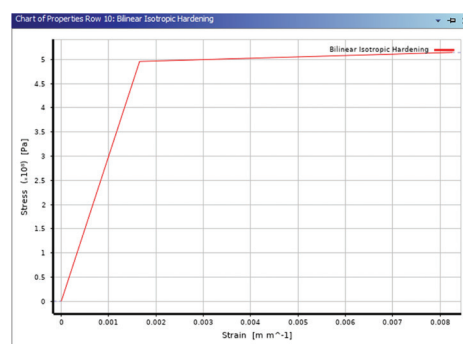


Рис. 3. Формирование материалов образца

Граничные условия формировались нулевыми перемещениями по соответствующим направлениям и задавались для верхнего и нижнего торцов профиля (рис. 5а). Сжимающая нагрузка прикладывалась к верхнему торцу элемента и составила 320 кН (рис. 5б).

Результаты

По итогам решения статической задачи в нелинейной постановке были получены деформации профиля и нормальные напряжения в элементах профиля во времени. Максимальные перемещения в сечении на расстоянии 2,3 м от опоры составили 59 мм в плоскости наименьшей жесткости, что соответствует $H/76$ (рис. 6а). Максимальные сжимающие напряжения в этом же сечении составили 450 МПа, причем они возникают в местахгиба с упрочнением стали до 496 МПа, с обеспечением несущей способности (рис. 6б).

Обсуждения и выводы

Моделирование элемента из стального тонкостенного профиля в ПК ANSYS с учетом зон упрочнения стали по сечению профиля подтвердило результаты по улучшению несущей способности, полученные в ПК STARK. Сравнение полученных результатов по деформациям и напряжениям показало расхождения по нормальным напряжениям в расчетном сечении 2,3 %, расхождения в горизонтальных перемещениях в расчетном сечении – 7,7 %. Полученные ранее результаты позволили провести верификацию более перспективной для исследования численной модели. Они подтверждают адекватное описание поведения элементов из тонкостенного профиля с учетом зон упрочнения стали в обоих программных комплексах.

Вопрос учета начальных геометрических несовершенств требует дальнейшего изучения. Величина и форма начальных геометрических несовершенств носят стохастический характер, при этом снижают несущую способность профиля на 20–25 % [12]. Учет начальных геометрических несовершенств в условиях лабораторного эксперимента, основанный на крупномасштабной выборке, является ресурсозатратным.

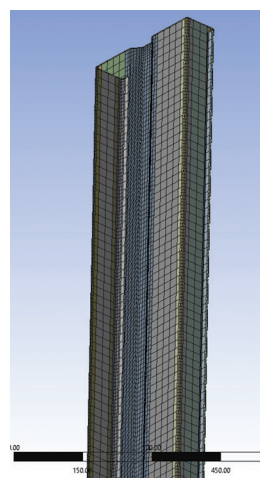
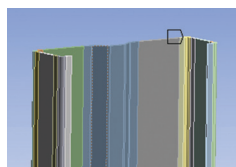
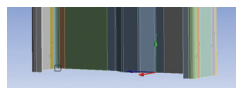


Рис. 4. Формирование сетки конечных элементов образца

а)

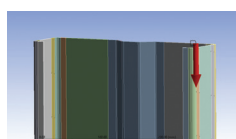


Steps	Time [s]	✓ X [mm]
1	1	0.
2	1	0.
*		



Steps	Time [s]	✓ X [mm]	✓ Y [mm]	✓ Z [mm]
1	1	0.	0.	0.
2	1	0.	0.	0.
*				

б)



Steps	Time [s]	✓ X [N]	✓ Y [N]	✓ Z [N]
1	1	0.	0.	0.
2	1	0.	-3.2e+005	0.
*				

Рис. 5. Формирование: а) граничных условий; б) нагружения

а)



б)

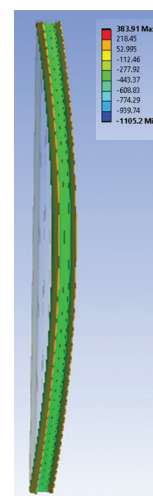


Рис. 6. Результаты эксперимента: а) деформации; б) нормальные напряжения

В прикладных ПК невозможно точно реализовать начальную геометрию элемента с погрешностью. Реализованная в ПК ANSYS возможность использовать деформированные схемы форм потери устойчивости с масштабным фактором позволит

выполнить крупномасштабный эксперимент в численной постановке. Также авторами был сделан вывод о необходимости проработки модели на участках опирания для более полного отражения действительной работы элемента в краевых зонах.

Библиографический список

1. Юрченко, В. В. Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутых профилей в среде «SCAD Office» / В. В. Юрченко. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 8 (18). – С. 38–46.
2. Илюхина, Е. А. Мировая практика применения технологии ЛСТК в строительстве / Е. А. Илюхина, А. А. Соболев. – Текст : непосредственный // Ползуновский альманах. – 2018. – № 1. – С. 89–92.
3. Рыбаков, В. А. Применение полусдвиговой теории В. И. Сливкера для анализа напряженно-деформированного состояния систем тонкостенных стержней : специальность 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рыбаков Владимир Александрович ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург, 2012. – 21 с. – Место защиты : Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Текст : непосредственный.
4. Любавская, И. В. Технологичность изготовления ЛСТК / И. В. Любавская, М. В. Сотников. – Текст : непосредственный // Тенденции развития современной науки : Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета : в 2-х частях, Липецк, 24–26 апреля 2017 года. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2017. – С. 414–416.
5. Арктиков, Г. А. Влияние холодной формовки на механические свойства стали замкнутых гнутосварных профилей холодной формовки / Г. А. Арктиков, В. Ф. Беляев, Л. И. Гладштейн. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 1994. – № 5. – С. 16–24.
6. Астахов, И. В. Пространственная устойчивость элементов конструкций из холодногнутых профилей / И. В. Астахов, Г. И. Белый – Текст : непосредственный // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2006. – № 9. – С. 21–25.
7. Landesmann, A. Experimental Investigation of the Mechanical Properties of ZAR-345 Cold-Formed Steel at Elevated Temperatures / A. Landesmann, F. C. M. Moreira da Silva, E. M. Batista. – DOI: 10.1590/1516-1439.297014. – Direct text // Materials Research-Ibero-American Journal of Materials. – 2014. – Т. 17. – No. 4. – Pp. 1082–1092.
8. Ranawaka, T. Experimental study of the mechanical properties of light gauge cold-formed steels at elevated temperatures / T. Ranawaka, M. Mahendran. – DOI: 10.1016/j.firesaf.2008.06.006. – Direct text // Fire Safety Journal. – 2009. – Т. 44. – No. 2. – Pp. 219–229.
9. Lee, J. Prediction of mechanical properties of light gauge steels at elevated temperatures / J. Lee, M. Mahendran, P. Makelainen. – DOI: 10.1016/S0143-974X(03)00087-7. – Direct text // Journal of Constructional Steel Research. – 2003. – Т. 59. – No. 12. – Pp. 1517–1532.
10. Корсун, Н. Д. Адаптация методики и анализ результатов лабораторных испытаний прочности стали тонкостенного холодногнутого профиля / Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина. – Текст : электронный // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 6. – URL : <https://esj.today/PDF/63SAVN620.pdf> (дата обращения : 10.11.2021).
11. Корсун, Н. Д. Анализ работы тонкостенных профилей с учетом упрочнения стали / Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина. – Текст : электронный // Научные исследования XXI века. – 2021. – № 3 (11). – С. 48–52. – URL : <https://esj.today/PDF/63SAVN620.pdf> (дата обращения : 10.11.2021).

12. Корсун, Н. Д. Анализ НДС составного сечения из тонкостенных профилей с учетом начальных геометрических несовершенств / Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина. – Текст : непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2018. – № 4 (39). – С. 83–89.

References

1. Yurchenko, V. V. (2010). Proektirovanie karkasov zdaniy iz tonkostennykh kholodnogutykh profiley v srede «SCAD Office». Magazine of Civil Engineering, 8 (18), pp. 38-46. (In Russian).
2. Ilyukhina, E. A., & Sobolev, A. A. (2018). Mirovaya praktika primeneniya tekhnologii LSTK v stroitel'stve. Polzunovskiy al'manakh, (1), pp. 89-92. (In Russian).
3. Rybakov, V. A. (2012). Primenenie polusdvigovoy teorii V.I. Slivkera dlya analiza napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya sistem tonkostennykh sterzhney. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Saint-Petersburg, 21 p. (In Russian).
4. Lyubavskaya, I. V., & Sotnikova, M. V. (2017). Manufacturability of manufacturing of light gauge steel framing manufacturability. Tendentsii razvitiya sovremennoy nauki: Sbornik tezisev dokladov nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: v 2-kh chastyakh, April, 24–26, 2017. Lipetsk, Lipetsk State Technical University Publ., pp. 414-416. (In Russian).
5. Arktikov, G. A., Belyaev, V. F., & Gladshteyn, L. I. (1994). Vliyaniye kholodnoy formovki na mekhanicheskiye svoystva stali zamknutykh gnutosvarenykh profiley kholodnoy formovki. Industrial and Civil Engineering, (5), pp. 16-24. (In Russian).
6. Astakhov, I. V., & Belyy, G. I. (2006). Prostranstvennaya ustoychivost' elementov konstruktsiy iz kholodnogutykh profiley. Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve, (9), pp. 21-25. (In Russian).
7. Landesmann, A., Moreira da Silva, F. C. M., & Batista, E. M. (2014). Experimental Investigation of the Mechanical Properties of ZAR-345 Cold-Formed Steel at Elevated Temperatures. Materials Research-Lbero-American Journal of Materials, 17(4), pp. 1082-1092. (In English). DOI: 10.1590/1516-1439.297014
8. Ranawaka, T., & Mahendran, M. (2009). Experimental study of the mechanical properties of light gauge cold-formed steels at elevated temperatures. Fire Safety Journal, 44(2), pp. 219-229. (In English). DOI: 10.1016/j.firesaf.2008.06.006
9. Lee, J., Mahendran, M., & Makelainen, P. (2003). Prediction of mechanical properties of light gauge steels at elevated temperatures. Journal of Constructional Steel Research, 59(12), pp. 1517-1532. (In English). DOI: 10.1016/S0143-974X(03)00087-7
10. Korsun, N. D., & Prostakishina, D. A. (2020). Adaptation of the methodology and analysis of laboratory testing of the strength of cold-formed thin-walled steel. The Eurasian Scientific Journal, 6(12). (In Russian). Available at: <https://esj.today/PDF/63SAVN620.pdf> (date of application 10.11.2021).
11. Korsun, N. D., & Prostakishina, D. A. (2021). Analysis of the operation of thin-walled profiles taking into account the strengthening of steel. Nauchnye issledovaniya XXI veka, 3(11), pp. 48-52. (In Russian). Available at: <https://esj.today/PDF/63SAVN620.pdf> (date of application 10.11.2021).
12. Korsun, N. D., & Prostakishina, D. A. (2018). Structural analysis of stress and strain state of paired thin-walled section with initial geometric imperfections. Akademicheskij Vestnik Uralniiproekt RAASN, 4(39), pp. 83-89. (In Russian).

Сведения об авторах

Корсун Наталья Дмитриевна, к. т. н., профессор кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет, e-mail: korsunnd@tyuiu.ru

Information about the authors

Natalya D. Korsun, Candidate of Engineering, Professor at the Department of Building Constructions, Industrial University of Tyumen, e-mail: korsunnd@tyuiu.ru

Простакишина Дарья Анатольевна, ассистент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет, e-mail: prostakishinada@tyuiu.ru

Darya A. Prostakishina, Assistant at the Department of Building Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: prostakishinada@tyuiu.ru

Для цитирования: Корсун, Н. Д. Моделирование и учет зон упрочнения стальных тонкостенных профилей в ПК ANSYS / Н. Д. Корсун, Д. А. Простакишина. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-44-51. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 44–51.

For citation: Korsun, N. D., & Prostakishina, D. A. (2021). Modeling and accounting of strengthening zones of thin-walled steel profiles in ANSYS. Architecture, construction, transport, (4), pp. 44-51. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-44-51.

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ СООРУЖЕНИЙ

А. В. Квитко, В. А. Шендрик

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

TO THE ISSUE OF THE CAUSES OF DEFECTS IN THE CONSTRUCTIVE ELEMENTS OF BUILDINGS

Alexander V. Kvitko, Viktor A. Shendrik

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia

Аннотация. Рассмотрены основные причины образования дефектов в конструктивных элементах сооружений. Показана их роль и влияние на нормальное выполнение сооружением своего функционального назначения. Раскрыта закономерность образования дефектов, вызванных отступлением от проектной документации и нарушением технологических процессов. Представлены мероприятия по устранению конкретных дефектов, требующие значительного увеличения трудовых и материальных затрат.

Ключевые слова: дефект, монолитный железобетонный пол, kern, усадочные и деформационные трещины, проектная документация, упрочненное покрытие

Abstract. The article deals with the main causes of defects in the structural elements of buildings. Their role and influence on the normal implementation by the construction of its functional purpose are shown. The regularity of the formation of defects caused by deviations from the design documentation and disfunction of technological processes is analyzed. Measures to eliminate specific defects requiring a significant increase in labor and material costs are presented.

Key words: defect, monolithic reinforced concrete floor, core, shrinkage and deformation cracks, design documentation, hardened coating

Введение

Вопросы надежности и долговечности конструкций зданий и сооружений и их элементов

в последнее время обращают на себя все более пристальное внимание, и вполне очевидно, что халатное отношение к ним может привести не

только к снижению сроков эксплуатации, но и к обрушению всего сооружения, которое редко обходится без человеческих жертв.

В качестве примера можно привести обрушение девятиэтажного крупнопанельного жилого дома 6 марта 1982 года в Волгодонске, которое произошло по причине некачественной заделки раствором на замораживание горизонтальной штробы, образовавшейся в связи с заменой цокольной панели [1]. В момент оттаивания раствора произошла потеря устойчивости стеновой панели, в результате чего обрушились все девять этажей крупнопанельного здания.

Обрушение 24-тонного козырька станции метро «Сенная площадь» 10 июня 1999 года [2] было вызвано нарушениями требований нормативных документов при проектировании крепления и требований по эксплуатации.

Еще один пример – обрушение виадука в Генуе 14 августа 2018 года, причиной которого стал, скорее всего, так называемый человеческий фактор [3].

Однако не менее важно исследовать причины образования дефектов в конструктивных элементах сооружений, хоть и не приводящие к таким тяжелым последствиям, но предотвращение которых тоже необходимо.

Объект и методы исследования

Данная работа посвящена исследованию дефектов в монолитных железобетонных полах, выявленных в процессе эксплуатации Гипермаркета оптовой и розничной торговли со смешанной группой товаров, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, Шафировский проспект, 16а.

Применялись визуальный, описательный, аналитический, инструментальный и экспериментальный методы исследования. Для определения состояния монолитных железобетонных полов была назначена строительная экспертиза, которая проводилась в соответствии с [4, 5].

Анализ документации, представленной для экспертизы, позволил установить, что на устройство монолитных железобетонных полов имеет проектная документация стадии «Р». Согласно документам, пол относится к 4 типу и состоит из

стяжки мелкозернистого бетона В30 толщиной 80 мм с упрочненным верхним слоем, армированным сеткой Вр-б 100×100 мм, и имеет основание – железобетонную плиту фундамента. Железобетонная плита фундамента принята из бетона В25 W6 F150 толщиной 450 мм, которая уложена на основание для всей конструкции здания, состоящей из:

- бетонной подготовки (бетона В12,5) – 50 мм;
- строительной полиэтиленовой пленки;
- щебеночной (фр. 20–40 мм) подготовки – 200 мм;
- песка – от 200 мм;
- геотекстиля «Тайпар СФ-40»;
- грунта основания (песок пылеватый – по результатам геологических изысканий ЗАО «ЛентИСИЗ»).

Для обеспечения свободы температурных деформаций и исключения перенапряжений в фундаментах проектом предусмотрены усадочные швы шириной 3 м, которые спустя три-четыре недели после возведения фундамента омоноличиваются. Для защиты фундамента от грунтовых вод предусмотрено покрытие их обмазочной гидроизоляцией – холодной битумной мастикой «Технониколь № 21» («Техномаст») за два раза по слою битумного праймера «Технониколь № 1».

Следует отметить, что в части устройства монолитных железобетонных полов проектная документация стадии «П» и «Р» соответствует результатам инженерных и геологических изысканий, а также требованиям нормативно-технических регламентов.

Согласно рекомендациям [6, 7], 24 июля 2017 года было выполнено обследование железобетонных полов, в ходе которого выявлены дефекты в монолитных железобетонных плитах пола и фундамента (табл.).

В ходе осмотра полов была выполнена фотофиксация выявленных дефектов. Фактически по всей площади пол гипермаркета был покрыт усадочными и деформационными трещинами. Кроме того, наблюдались отслоение и разрушение упрочненного покрытия (рис. 1, 2).

Таблица

Дефекты железобетонных плит, выявленные при осмотре 24 июля 2017 года

Дефект (параметр несоответствия)	Место	Параметр дефекта (несоответствия)	Нормативное значение (допуск)	Регламентирующий документ	Причина дефекта (несоответствия)	Объем дефекта (несоответствия)
Стяжка плиты пола						
Усадочные волосяные трещины	По всей площади пола, «тип 4, 6, 9»	0,15–1 мм	0,5 мм	СП 63.13330.2018	Нарушение технологии укладки (переувлажнение и температурный режим)	11 215,83 м ²
Деформационные трещины	По всей площади пола, «тип 4, 6, 9»	Протяженность от 6 до 12 м, раскрытие от 0,1 до 20 мм	0,5 мм	СП 63.13330.2018	Деформации плиты фундамента; наличие полиэтиленовой пленки; попадание влаги через технологические отверстия под коммуникации; нарушение гидроизоляции; временный подъем грунтовых вод	800 м ² (6 750 пог. м)
Неровность покрытия плиты пола	По всей площади пола, «тип 4, 6, 9»	6 мм	До 4 мм на 2 м	СП 29.13330.2011	Деформации плиты пола; деформации плиты фундамента; деформации грунтов основания	11 215,83 м ²
Отслоение и разрушение упрочненного покрытия	По всей площади пола, «тип 4, 6, 9»	Разрушение в местах деформационных швов	Недопустимо	Проектная документация	Нарушение технологии укладки (переувлажнение, температурный режим)	656 м ²
Толщина плиты пола	В местах взятия кернов	60 мм	80 мм	Проектная документация	Неровность плиты фундамента	6 750 пог. м
Полиэтиленовая пленка между полом и плитой фундамента	По всей площади пола, «тип 4, 6, 9»	Наличие	Не предусмотрена	Проектная документация	Несоблюдение проекта; нарушение технологии выполнения работ	11 215,83 м ²
Второй слой полиэтиленовой пленки в теле плиты пола	В месте вскрытия	Наличие на высоте 25–30 мм от фундамента	Не предусмотрена	Проектная документация	Несоблюдение проекта; нарушение технологии выполнения работ	Установить невозможно
Заниженный класс бетона	Захватка № 10	B26,5	B30	Проектная документация	Нарушение технологии укладки (переувлажнение и температурный режим)	792 м ²
Зазоры между плитами пола и фундамента	В месте вскрытия	До 12 мм	Недопустимо	Проектная документация	Деформации плиты фундамента; наличие полиэтиленовой пленки; нарушение гидроизоляции; вымывание; наличие мусора при заливке	120 м ²
Наличие мусора и песка между плитами пола и фундаментом	В месте вскрытия	До 2 мм	Недопустимо	Проектная документация	Деформации плиты пола и плиты фундамента; деформации грунтов основания	Установить невозможно
Плита фундамента и основание						
Перепад граней фундаментной плиты в месте холодного шва	В местах вскрытия	12 мм	Недопустимо	Проектная документация	Нарушение технологии укладки; деформации грунтов основания; трещины и усадки плиты фундамента	99 м ²
Заниженный класс бетона	В местах взятия кернов	B20	B25	Проектная документация	Нарушение технологии укладки	2 220,5 м ²

На первый взгляд ничего серьезного в образовании таких дефектов нет, кроме неудовлетворительного внешнего вида и необходимости систематически проводить ремонт и тратить на это денежные средства. Однако наличие подобных дефектов значительно затрудняло движение погрузочно-разгрузочных средств (автокаров), при этом не были обеспечены условия для их безопасной работы. Кроме того, разрушение упрочненного покрытия не позволяло устанавливать по разработанной схеме стеллажи для размещения товаров. В связи с этим для их устойчивого положения и безопасной работы погрузочно-разгрузочной техники приходилось выполнять перестановку стеллажей в места, которые для этого не были предназначены.

С целью определения причин образования дефектов в монолитных железобетонных полах объекта и разработки мероприятий по их устранению был выполнен большой комплекс исследовательских работ.

В ходе изучения проектной и исполнительной документации было установлено отступление, которое выражалось в замене строительных материалов: для устройства бетонной подготовки был применен бетон класса В15 вместо В12,5. Качество бетонной смеси для устройства плиты фундамента подтверждается представленными документами от ООО «ТСК-Бетон» и ЗАО «ЛСР-Базовые материалы Северо-Запад».

Также была выявлена замена геотекстиля «Тайпар СФ-40» на геотекстиль «Наноизол ГЕО 200». Документы о законности изменений проектных решений в части применения геотекстиля «Наноизол ГЕО 200» отсутствовали, что является нарушением ст. 52 ч. 7 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Помимо изучения проектной и исполнительной документации, на объекте в сентябре 2017 года были взяты керны из железобетонной плиты основания (рис. 3) для испытания их на прочность в лабораторных условиях согласно [6, 8], а также ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности и ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Было



Рис. 1. Усадочные и деформационные трещины



Рис. 2. Отслоение и разрушение упрочненного покрытия

отобрано по три керны диаметром 70 мм из захваток бетонирования № 1, 3, 11. Из отобранных проб изготовлены образцы-цилиндры для испытания. В ходе опытов определялась прочность образцов на сжатие прессом для гидравлических испытаний MATEST C040PN. Применяемое вспомогательное оборудование – термоанемометр Testo 410-2, весы лабораторные ВК-1500, штангенциркуль ШЦ-1-150-0.1.

Анализ взятых кернов показал, что после устройства основания под фундаментную плиту производятся работы по устройству стяжки пола из мелкозернистого бетона В30 с упрочненным верхним слоем толщиной 80 мм. Перед устройством стяжки было выполнено армирование и укладка строительной пленки, что проектом не предусмотрено. Укладка пленки также подтверждается актами освидетельствования скрытых работ.

Произведенные испытания железобетонной плиты основания подтвердили соответствие этих конструктивных элементов требованиям проекта. Они показали, что фактический класс бетона монолитной стяжки пола по прочности на сжатие выше проектного В30. Исключение составляла одна захватка, где фактический класс бетона по прочности составил В26,5 (88,3 % от проектного). Толщина упрочняющего верхнего покрытия (топпинга) марки MIXTOR Gourund составила от 0,5 до 7 мм.

При сопоставлении исполнительных схем по устройству бетонной стяжки с упрочняющим слоем Master TOP и исполнительной схемы планово-высотной съемки пола АНО НЭ «ПРАЙМ ЭКСПЕРТ» выявлено, что относительные отметки имеют различия до 5–6 мм. Это свидетельствует о некоторой подвижности (деформации) конструкции плиты пола и его основания. Максимальный перепад отметок пола составил 18 мм на площади съемки 11 тыс. м².

Результаты

Причины образования выявленных дефектов связаны с несоблюдением проектных решений, нарушением технологии выполнения работ, нарушением гидроизоляции, наличием мусора и посторонних включений при заливке бетонной смеси.

По результатам обследования установлено, что между конструкцией железобетонной фундаментной плиты и армированной бетонной стяжкой с упрочненным покрытием имеются пустоты до 12 мм, мусор и прослойки из песка толщиной до 2 мм, что является нарушением СП 48.13330.2019 Организация строительства,



Рис. 3. Отобранные для исследования керны железобетонного основания № 1 и 9

СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений и СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции.

Полиэтиленовая пленка между железобетонной плитой и стяжкой уложена не в проектных отметках. В конструкции армированной стяжки с упрочняющим покрытием на высоте 25–35 мм от железобетонной плиты имеются участки со вторым слоем полиэтиленовой пленки.

В результате выбора кернов установлено, что на отдельных участках толщина армированной стяжки с упрочненным покрытием недостаточна. На некоторых участках толщина бетонной стяжки составляет 67–68 мм, на других 77–78 мм, что не соответствует проектной документации (предусмотренная толщина – 80 мм).

Обсуждение

Все упомянутые выше несоответствия регламентируемым параметрам привели к тому, что в армированной бетонной стяжке с упрочненным покрытием возникли многочисленные трещины, а также отслоения и разрушения упрочненного покрытия.

Причиной образования деформационных трещин в конструкции армированной стяжки с упрочняющим покрытием являются нарушения производителем работ требований нормативных документов (СП 63.13330.2018 Бетонные и же-

лезобетонные конструкции и СП 29.13330.2011 Полы) в части устройства усадочных швов и нарушения проектных решений при выполнении бетонных работ при устройстве железобетонной плиты пола.

Для дальнейшей производственной эксплуатации полов потребовалось выполнить мероприятия по устранению дефектов [9–11]. Они включили в себя выполнение следующих видов работ:

- укрепление грунта основания (слой на глубине 6,9–8,8 м) с помощью инъекции цементного раствора через манжетные колонны в зону слабых грунтов;
- демонтаж бетонной стяжки пола с укрепленным покрытием, армированным сеткой средней толщиной 80 мм, отдельными местами;
- установка специального профиля для обрамления деформационных швов;
- устройство бетонной стяжки пола с укрепленным покрытием с армированием сеткой средней толщиной 80 мм отдельными участками площадью до 50 м²;
- ремонт пола: заполнение пустот между покрытием пола и основанием из железобетонной плиты методом инъектирования (пустоты до 12 мм);
- расшивка трещин бетонной стяжки средней толщиной 80 мм;
- заполнение трещин ремонтными составами (на полимерно-цементной или эпоксидной основе);

- шпаклевка поверхности бетонной стяжки ремонтными составами;
- шлифовка отремонтированной поверхности бетонной стяжки с укрепленным покрытием;
- укрепление поверхности стяжки специальными полимерными составами.

Стоимость восстановительного ремонта составила двадцать четыре миллиона шестьсот двадцать одну тысячу шестьсот тридцать восемь рублей (24 621 638 руб.).

Выводы

В результате возникших дефектов помещение некоторое время функционировало в небезопасных условиях, а на его ремонт потребовались значительные материальные затраты. Это произошло по причине того, что строительная компания не руководствовалась проектной документацией и нарушала технологию работ по возведению конструктивного элемента здания – монолитных железобетонных полов.

В заключение следует отметить, что строительство – это сложный технологический процесс, при производстве которого категорически запрещено пренебрегать любыми требованиями нормативной и проектной документации. В противном случае даже в новых строениях велик риск возникновения дефектов, на устранение которых потребуются значительные трудовые и материальные затраты.

Библиографический список

1. Солодилова, В. А. К истории понятия «прогрессирующее обрушение» / В. А. Солодилова. – Текст : непосредственный // Проектирование и строительство : сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 21 марта 2019 года / Юго-Западный государственный университет, Московский государственный машиностроительный университет. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 339–343.
2. Гроздов, В. Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Издательский дом KN+, 2001. – 140 с. – Текст : непосредственный.
3. Обрушение виадука в Генуе / Википедия. Свободная энциклопедия : [сайт]. – URL : <https://goo-su/8ууq>. – Текст : электронный (дата обращения : 04.11.2021).
4. Методические рекомендации по производству судебных экспертиз в государственных судебно-экспертных учреждениях системы Министерства юстиции Российской Федерации : утвержден

- Министерством Юстиции РФ от 20.12.2002 № 346. – Москва : Министерство Юстиции РФ, 2002. – 20 с. – Текст : непосредственный.
5. Сборник учебно-методических пособий по судебной строительно-технической экспертизе / Некоммерческое партнерство «Палата судебных экспертов» ; науч. ред. А. Ю. Бутырин. – Москва : СУДЭК, 2011. – 175 с. – Текст : непосредственный.
 6. Землянский, А. А. Обследование и испытание зданий и сооружений / А. А. Землянский. – Москва : Издательство АСВ, 2004. – 240 с. – Текст : непосредственный.
 7. Коревицкая, М. Г. Неразрушающие методы контроля качества железобетонных конструкций : учебное пособие для студентов ПТУ / М. Г. Коревицкая. – Москва : Высшая школа, 1989. – 79 с. – Текст : непосредственный.
 8. Комиссарчик, Р. Г. Методы технического обследования ремонтируемых зданий / Р. Г. Комиссарчик. – Москва : Стройиздат, 1975. – 88 с. – Текст : непосредственный.
 9. Мальганов, А. И. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений / А. И. Мальганов, В. С. Плевков. – Томск : Печатная мануфактура, 2002. – 390 с. – Текст : непосредственный.
 10. Гроздов, В. Т. Некоторые вопросы ремонта и реконструкции зданий / В. Т. Гроздов. – Санкт-Петербург : Издательский дом KN+, 1999. – 61 с. – Текст : непосредственный.
 11. Гроздов, В. Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия / В. Т. Гроздов ; 3-е изд. испр. и доп. – Санкт-Петербург : ООО «Центр качества строительства», Санкт-Петербургское отделение, 2007. – 136 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Solodilova, V. A. (2019). K istorii ponyatiya "progressiruyushchee obrushenie". Proektirovanie i stroitel'stvo: sbornik nauchnykh trudov 3-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov, magistrrov i bakalavrov, Kursk, March 21, 2019. Kursk, Southwest State University Publ., pp. 339-343. (In Russian).
2. Grozdov, V. T. (2001). Tekhnicheskoe obsledovanie stroitel'nykh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy. Saint-Petersburg, Izdatel'skiy Dom KN+ Publ., 140 p. (In Russian).
3. Obrushenie viaduka v Genua / Wikipedia. (In Russian). Available at: <https://goo.su/8yyq> (data of the application 04.11.2021).
4. Ministry of Justice of Russian Federation. (2002). Metodicheskie rekomendatsii po proizvodstvu sudebnykh ekspertiz v gosudarstvennykh sudebno-ekspertnykh uchrezhdeniyakh sistemy Ministerstva yustitsii Rossiyskoy Federatsii. Moscow, Ministry of Justice of Russian Federation Publ., 20 p. (In Russian).
5. Butyrin, A. Yu. (Eds.) (2011). Sbornik uchebno-metodicheskikh posobiy po sudebnoy stroitel'no-tekhnicheskoy ekspertize. Moscow, SUDEKS Publ., 175 p. (In Russian).
6. Zemlyanskiy, A. A. (2004). Obsledovanie i ispytanie zdaniy i sooruzheniy. Moscow, Izdatel'stvo ASV Publ., 240 p. (In Russian).
7. Korevitskaya, M. G. (1989). Nerazrushayushchie metody kontrolya kachestva zhelezobetonnykh konstruktсий. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 79 p. (In Russian).
8. Komissarchik, R. G. (1975). Metody tekhnicheskogo obsledovaniya remontiruemyykh zdaniy. Moscow, Stroyizdat Publ., 88 p. (In Russian).
9. Mal'ganov, A. I., & Plevkov, V. S. (2002). Vosstanovlenie i usilenie ograzhdayushchikh stroitel'nykh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy. Tomsk, Pechatnaya manufaktura Publ., 390 p. (In Russian).
10. Grozdov, V. T. (1999). Nekotorye voprosy remonta i rekonstruktsii zdaniy. Saint-Petersburg, Izdatel'skiy Dom KN+ Publ., 61 p. (In Russian).

-
11. Grozdov, V. T. (2007). Defekty stroitel'nykh konstruktsiy i ikh posledstviya. 3rd edition, revised. Saint-Petersburg, OOF «Tsentr kachestva stroitel'stva», Sankt-Peterburgskoe otделение Publ., 136 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Александр Владимирович Квитко, к. т. н., доцент кафедры автомобильных дорог, мостов и тоннелей, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: kvitko.67.67@mail.ru

Виктор Андреевич Шендрик, ассистент кафедры автомобильных дорог, мостов и тоннелей, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, e-mail: vicinshendrik@yandex.ru

Information about the authors

Alexander V. Kvitko, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Roads, Bridges and Tunnels, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, e-mail: kvitko.67.67@mail.ru

Viktor A. Shendrik, Assistant at the Department of Roads, Ridges and Tunnels, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, e-mail: vicinshendrik@yandex.ru

Для цитирования: Квитко, А. В. К вопросу о причинах образования дефектов в конструктивных элементах сооружений / А. В. Квитко, В. А. Шендрик. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-52-59. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 52–59.

For citation: Kvitko, A. V., & Shendrik, V. A. (2021). To the issue of the causes of defects in the constructive elements of buildings. Architecture, construction, transport, (4), pp. 52-59. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-52-59.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ СПУТНИКОВОМ ЗОНДИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЦАХ С НЕРЕГУЛЯРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

А. А. Тестешев, Т. Г. Бабич

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

IDENTIFICATION OF URBAN INFRASTRUCTURE OBJECTS USING THE REMOTE SATELLITE SENSING OF TRAFFIC FLOWS ON STREETS WITH IRREGULAR TRAFFIC

Alexander A. Testeshev, Tatyana G. Babich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы определения интенсивности транспортных потоков на улицах и дорогах с нерегулярным трафиком для целей проектирования, капитального ремонта, реконструкции и организации движения. Невозможность применения существующих методов зондирования на децентрализованных транспортных объектах и алгоритмов дешифровки материалов удаленного спутникового наблюдения предопределила необходимость разработки математической модели в рамках многофакторного прогнозирования. При изучении значимых факторов было исследовано влияние изменчивости плотности проживания жителей и вместимости общеобразовательных сооружений. Получены идентификационные признаки общеобразовательных учреждений,

Abstract. The article deals with the problems of determining the intensity of traffic flows on streets and roads with irregular traffic for the purposes of design, heavy repair, reconstruction and traffic management. The impossibility of using existing monitoring methods at decentralized transport facilities and algorithms for decrypting remote satellite surveillance materials predetermined the necessity of developing a mathematical model within the framework of multifactor forecasting. During the studying of significant factors, the influence of variability in the population density and the capacity of general education facilities was investigated. Identification signs of educational institutions used in the interpretation of satellite images were obtained. The polynomial dependences of the traffic intensity on the specified

используемые при интерпретации спутниковых снимков. Разработаны полиномиальные зависимости интенсивности движения от указанных характеристик. Выполненная корреляционная оценка позволяет судить о высокой степени достоверности результатов аналитического определения интенсивности на улицах с нерегулярным движением транспорта.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг, нерегулярное движение, транспортный поток, интенсивность движения

Введение

В настоящее время развитие улично-дорожных сетей крупных и крупнейших городов не в полной мере соответствует темпам роста транспортной инфраструктуры городских территорий. Информационной основой решения данной проблемы является обеспеченность сведениями об объемах движения и характеристиках транспортных потоков [1, 2].

Специфические особенности транспортных сетей, заключающиеся в децентрализации их размещения, недостаточная обеспеченность средствами видеонаблюдения и формирование Big Data результатов мониторинга транспортных потоков в значительной мере усложняют, а порой и делают невозможным процесс сбора информации традиционными способами (посредством ручного учета, видеомониторинга).

Исследование характеристик транспортных потоков возможно методом дистанционного спутникового зондирования [3, 4], благодаря которому можно получить искомые данные посредством «одного окна» (монитора компьютера). Суть метода заключается в использовании спутниковых снимков для определения необходимых данных (плотности потока, количества полос движения, состояния покрытия и других) с последующим их математическим преобразованием в первичные параметры транспортного потока (интенсивность движения, скорость потока).

Область применения данного метода локализована исключительно транспортными объек-

characteristics were developed. The carried out correlation assessment allows us to talk about the high degree of reliability of results of analytical determination of intensity on the streets with irregular traffic.

Key words: satellite monitoring, irregular traffic, traffic flow, traffic intensity

тами с регулярным движением, спрос на которые в течение суток постоянен. Для улиц с нерегулярным движением и низкой интенсивностью транспортного потока, занимающих существенный объем в улично-дорожной сети городов, данная методика не может быть применена в силу низкой точности и недопустимости погрешности результатов. Для решения данной проблемы в рамках многофакторного прогнозирования были исследованы значимые параметры, формирующие модель транспортного спроса на улицах с нерегулярным движением [5].

Объект и методы исследования

Объектом исследования определен транспортный поток с малой интенсивностью движения на улицах с нерегулярным транспортным спросом, предметом – характеристики транспортных потоков на данных улицах.

В работе применяются теоретический и расчетно-аналитический методы исследования, также предлагается использовать расчетные аппараты в рамках теории массового обслуживания, теории транспортных потоков и теории статистики.

Основная часть исследования

При изучении улиц с нерегулярным движением ранее авторами было отмечено, что существенное влияние на изменение интенсивности движения на улицах с нерегулярным транспортным спросом оказывают места притяжения го-

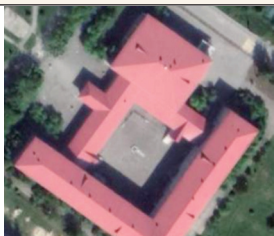
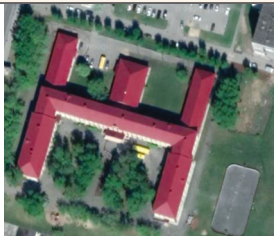
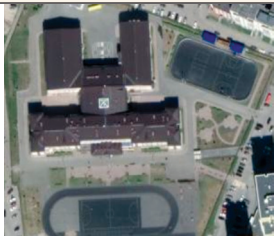
родского населения (дошкольные, школьные образовательные учреждения, дома культуры, магазины, предприятия сферы услуг, медицинские учреждения и т. д.) и их мощность (местимость, пропускная способность и т. п.) [6]. Также было рассмотрено влияние дошкольных образовательных учреждений на изменение интенсивности движения. Оценка результатов показала высокую степень достоверности разработанных зависимостей [6]. Так как численность населения постоянно растет и возникает необходимость доставки несовершеннолетних в места обучения, было подробно рассмотрено влияние на транспортный спрос характеристик средних образовательных учреждений.

Для изучения брались результаты мониторинга земной поверхности спутником Landsat-8 [7, 8]. Данные спутниковые снимки находятся в открытом доступе и имеют разрешение, достаточное для идентификации объектов городской инфраструктуры с необходимой точностью.

В рамках исследования на примере города Тюмени были типизированы планировочные виды построек образовательных учреждений и установлена возможность их идентификации посредством геоинформационных систем. Были изучены форма, цветовая гамма и другие характеристики, полученные со спутниковых снимков, благодаря которым удалось определить вместимость школьных учреждений (таблица 1).

Таблица 1

Идентификационные признаки образовательных учреждений на спутниковом снимке

Шифр типового проекта	2С-02-9(2С-02-10)	224-1-493.86	224-1-142 и 224-1-358
Спутниковый снимок			
Вместимость, чел.	500	1 000	1 500
Процентное содержание (г. Тюмень)	25,4	18,4	23,8
Шифр типового проекта	221-1-384	2-02-328, 222-1-118 и др.	
Спутниковый снимок			
Вместимость, чел.	2 000	500–3 000	
Процентное содержание (г. Тюмень)	12,7	18,7	

Цветовая гамма крыш образовательных учреждений очень разнообразна. Фиксировались красный (18 %), коричневый (17 %), серый (17 %), синий (16 %), зеленый (8 %), черный (5 %), желтый (4 %), оранжевый и другие (15 %) цвета.

Разнообразие планировочных конфигураций (особенно современных образовательных учреждений) дало предпосылки для дополнительного изучения объектов инфраструктуры, являющихся обязательным атрибутом образовательных учреждений (рис. 1).

Совокупность сведений о форме, размере, цвете и наличии сопутствующих объектов инфраструктуры дает возможность с высокой точностью определить со спутникового снимка принадлежность объекта к образовательному учреждению и его вместимость.

Результаты

Исходя из вместимости образовательного учреждения и плотности населения (полученной по карте плотности населения города Тюмень), была разработана графическая зависимость, позволяющая определять суточную интенсивность движения по плотности проживающего насе-



Рис. 1. Сопутствующие архитектурные элементы: а) стадион; б) парковочное пространство; в) площадка для сбора детей; г) зеленые насаждения; д) искусственные неровности; е) ограждения

ния (рис. 2). Основой для полученных зависимостей послужили данные статистических наблюдений, выполненные с 2017 по 2021 год (всего 2 640 наблюдений). Наблюдения проводились с 5 утра до 24 часов ночи непосредственно на иссле-

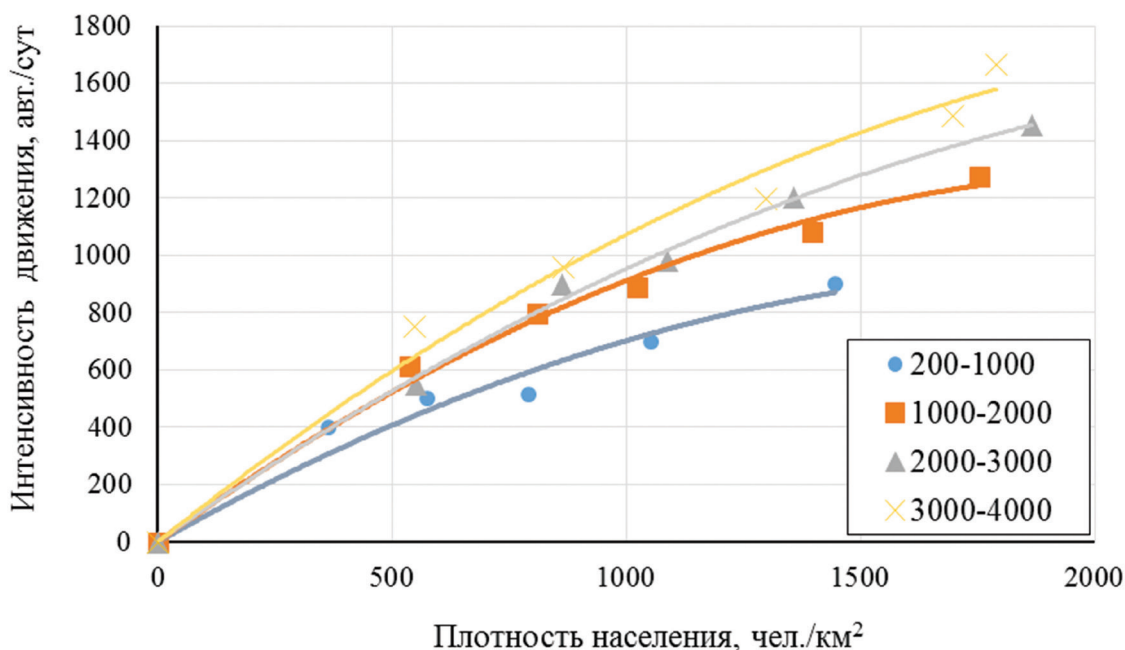


Рис. 2. График зависимости интенсивности движения от плотности населения с учетом вместимости общеобразовательных учреждений

дуемых объектах (улицах). Для получения более точных графических зависимостей учет интенсивности движения осуществлялся вручную.

Авторами отмечено, что на улицах с нерегулярным транспортным спросом преобладают легковые автомобили (92 %). В связи с этим в ходе дальнейшего исследования именно для данной группы автотранспортных средств разрабатывалась зависимость определения интенсивности движения.

При обработке результатов мониторинга было принято использовать суточную интенсивность как наиболее информативную (так как движение на улицах с низкой интенсивностью является нерегулярным и бывают часы с нулевым транспортным спросом).

Математическим описанием полученных графиков послужили разработанные полиномиальные зависимости интенсивности движения от плотности проживающего населения и вместимости общеобразовательных учреждений, представленные в таблице 2.

Корреляционная оценка [9] аналитического определения интенсивности движения на улицах с нерегулярным движением с данными фактических наблюдений показала погрешность, не превышающую 7,2 %, что характеризует достоверность результатов как высокую и делает возможным осуществление прогнозных расчетов двухфакторной модели транспортного спроса [10].

Таблица 2

Изменение интенсивности движения в зависимости от вместимости образовательных учреждений

Вместимость общеобразовательных учреждений, чел.	Вид зависимости
200–1 000	$N_{\text{сут}} = -0,0002 \rho_{\text{нс}}^2 + 0,9263 \rho_{\text{нс}}$
1 000–2 000	$N_{\text{сут}} = -0,0002 \rho_{\text{нс}}^2 + 1,1091 \rho_{\text{нс}}$
2 000–3 000	$N_{\text{сут}} = -0,0002 \rho_{\text{нс}}^2 + 1,1534 \rho_{\text{нс}}$
3 000–4 000	$N_{\text{сут}} = -0,0002 \rho_{\text{нс}}^2 + 1,3128 \rho_{\text{нс}}$

Выводы

Проверка разработанных уравнений показала, что отклонение расчетных значений от фактических не превышает 15 %, что говорит о высокой точности результатов исследования.

Продолжается работа по идентификации других значимых факторов, таких как наличие зданий, наделенных общественной функцией, и разработка мультипараметрического уравнения для определения интенсивности движения на улицах с нерегулярным транспортным спросом.

Библиографический список

1. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – Москва : Транспорт, 1977. – 303 с. – Текст : непосредственный.
2. Тимоховец, В. Д. Совершенствование методов дистанционного мониторинга транспортных потоков для проектирования улично-дорожной сети крупных городов : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, аэродромов, метрополитенов, мостов и транспортных тоннелей» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тимоховец Вера Дмитриевна ; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 2020. – 133 с. – Текст : непосредственный.
3. Маркуц, В. М. Транспортные потоки автомобильных дорог и городских улиц : практическое приложение / В. М. Маркуц. – Тюмень, 2008. – 108 с. – Текст : непосредственный.
4. Дрю, Д. Р. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Р. Дрю ; пер. с англ. Е. Г. Коваленко, Г. Д. Шермана. – Москва : Транспорт, 1972. – 424 с. – Текст : непосредственный.

-
5. Тестешев, А. А. Исследование транспортных потоков на улицах с нерегулярным движением методом дистанционного спутникового мониторинга / А. А. Тестешев, Т. Г. Микеладзе. – DOI: 10.15593/24111678/2019.04.06. – Текст : непосредственный // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 4. – С. 51–57.
 6. Бабич, Т. Г. Идентификация и оценка влияния объектов притяжения на улицах с нерегулярным движением на характеристики транспортных потоков при дистанционном спутниковом мониторинге / Т. Г. Бабич, А. А. Тестешев. – Текст : непосредственный // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы : проблемы, перспективы, инновации : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, 3–4 декабря 2020 года. – Омск : Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 476–479.
 7. Landsat-8 (Ландсат-8) / Геопространственное агентство «ИННОТЕР» : [сайт]. – URL : <https://innoter.com/sputniki/landsat-8/>. – Текст : электронный (дата обращения : 22.03.2019).
 8. Космическая съемка. Совзond : [сайт]. – URL : <https://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/>. – Текст : электронный (дата обращения : 29.01.2021).
 9. Величина и сила коэффициента корреляции. Математическая статистика для психологов : [сайт]. – URL : <https://statpsy.ru/correlation/velicina/>. – Текст : электронный (дата обращения : 29.01.2021).
 10. Хейт, Ф. Э Математическая теория транспортных потоков / Ф. Э. Хейт ; пер. с англ. Е. Г. Коваленко. – Москва : Мир, 1966. – 286 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Sil'yanov, V. V. (1977). Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya. Moscow, Transport Publ., 303 p. (In Russian).
2. Timokhovets, V. D. (2020). Sovershenstvovanie metodov distantsionnogo monitoringa transportnykh potokov dlya proektirovaniya ulichno-dorozhnoy seti krupnykh gorodov. Diss. kand. tekhn. nauk. Tyumen, 133 p. (In Russian).
3. Markuts, V. M. (2008). Transportnye potoki avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits. Tyumen, 108 p. (In Russian).
4. Drew, D. R. (1968). Traffic Flow Theory and Control. New York, Publ. McGraw Hill Text, 467 p. (In English).
5. Testeshev, A. A., & Mikeladze, T. G. (2019). Investigation of traffic flows on the streets with irregular traffic by remote satellite monitoring. Transport. Transport Facilities. Ecology, (4), pp. 51-57. (In Russian). DOI: 10.15593/24111678/2019.04.06
6. Babich, T. G., & Testeshev, A. A. (2021). Identification and assessment of the influence of objects of attraction on streets with irregular traffic on the characteristics of traffic flows using remote satellite monitoring. Arkhitekturno-stroitel'nyy i dorozhno-transportnyy kompleksy: problemy, perspektivy, innovatsii. Sbornik materialov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu FGBOU VO «SibADI», December 3–4. Omsk, Siberian State Automobile and Highway Academy Publ., pp. 476–479. (In Russian).
7. Landsat-8. Geoprostranstvennoe agentstvo «INNTER». (In Russian). Available at: <https://innoter.com/sputniki/landsat-8/> (date of the application: 22.03.2019).
8. Kosmicheskaya s'emka. Sovzond. (In Russian). Available at: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/satellites/> (date of the application: 29.01.2019).
9. Velichina i sila koeffitsienta korrelyatsii. Matematicheskaya statistika dlya psikhologov. (In Russian). Available at: <https://statpsy.ru/correlation/velicina/> (date of the application: 29.01.2019).
10. Haight, F. A. (1963). Mathematical Theories of Traffic Flow. New York, Publ. Academic Press, 254 p. (In English).

Сведения об авторах

Тестешев Александр Александрович, к. т. н., доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов, Тюменский индустриальный университет, e-mail: testeshevaa@tyuiu.ru

Бабич Татьяна Григорьевна, ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов, Тюменский индустриальный университет, e-mail: babichtg@tyuiu.ru

Information about the authors

Alexander A. Testeshev, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Highways and Airfields, Industrial University of Tyumen, e-mail: testeshevaa@tyuiu.ru

Tatyana G. Babich, Assistant at the Department of Highways and Airfields, Industrial University of Tyumen, e-mail: babichtg@tyuiu.ru

Для цитирования: Тестешев, А. А. Идентификация объектов городской инфраструктуры при дистанционном спутниковом зондировании транспортных потоков на улицах с нерегулярным движением / А. А. Тестешев, Т. Г. Бабич. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-60-66. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 60–66.

For citation: Testeshev, A. A., & Babich, T. G. (2021). Identification of urban infrastructure objects using the remote satellite sensing of traffic flows on streets with irregular traffic. Arkhitektura, stroitel'stvo, transport [Architecture, construction, transport], (4), pp. 60-66. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-60-66.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ЕЗДОВЫХ ЦИКЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ

А. В. Маняшин

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

RESEARCH METHODOLOGY FOR URBAN VEHICLE DRIVING CYCLES

Alexander V. Manyashin

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Ездовые циклы, представляющие, как правило, зависимость скорости от текущего времени, широко используются для оценки эксплуатационных характеристик автомобильного транспорта, в частности, топливной экономичности вновь выпускаемых и уже эксплуатируемых автомобилей, а также их экологичности. Расход топлива в городском и смешанном циклах является важнейшей характеристикой автомобиля. Этот показатель дает объективную оценку экономичности транспортного средства, но при условии, что применяемый при его определении эталонный цикл соответствует реальным условиям эксплуатации. В статье рассмотрена проблема установления характеристик типичного ездового цикла на основе реальных скоростных профилей автомобилей, полученных в результате ГНСС-мониторинга.

Abstract. Driving cycles are represented, as a rule, the dependence of speed on the current time, and they are widely used to assess the operational characteristics of road transport, in particular, the fuel efficiency of newly produced and already operated vehicles, as well as their environmental friendliness. Fuel consumption in the urban and mixed cycles is the most important characteristic of the car. This indicator gives an objective assessment of the vehicle's efficiency, but provided that the reference cycle used in its determination corresponds to the real operating conditions. The article considers the problem of determining the characteristics of a typical driving cycle based on the real speed profiles of vehicles obtained as a result of GNSS (Global Navigation Satellite Systems) monitoring.

Ключевые слова: ездовые циклы, спутниковый мониторинг, обучаемые нейронные сети

Key words: driving cycles, satellite monitoring, trainable neural networks

Введение

Одним из ключевых факторов при выборе той или иной марки и модели автомобиля является расход топлива. Однако производители транспортных средств указывают в паспорте показатели, заведомо недостижимые в реальной эксплуатации. Отчасти это связано с использованием при заводских испытаниях ездовых циклов, не отражающих действительный скоростной режим в соответствующих (типичных) условиях. Особенно это касается городских условий. Понятно, что даже в условиях одной страны дорожная обстановка в городах, сопоставимых по площади и плотности населения, протяженности дорожной сети, будет существенно отличаться, не говоря уже о различии в средней скорости движения и длительности различных его фаз (разгона, движения с установленной скоростью, торможения и остановки в мегаполисах и небольших населенных пунктах). В этих обстоятельствах найти типичный ездовой цикл, наиболее адекватно отражающий преобладающие скоростные профили автомобилей, например, в городских условиях, является сложной задачей.

В мировой практике используются стандартизованные, то есть официально утвержденные для испытаний автомобилей на топливную экономичность шаблоны скоростного профиля. Как правило, такие циклы бывают модальными и немодальными. Из числа первых наиболее известны японские циклы 10-15 Mode и JC08, европейские NEDC, MNEDC, WLTP. К наиболее известным немодальным относятся FTP-75 (США) и Nyzem (Евросоюз). Модальные ездовые циклы отличаются значительной продолжительностью фаз с постоянной скоростью, в то время как немодальные практически полностью состоят из переходных режимов (разгон, ускорение) [1, 2].

Существуют два основных метода получения ездовых циклов: непосредственная запись изменения скорости при движении по репрезентативной дорожной сети и синтез цикла на основе обработки статистических данных о скоростных профилях автомобилей в типичных условиях эксплуатации, например, в городе. Первый способ

проще, но отличается высокой погрешностью при использовании его как стандартного. Синтез типичного цикла теоретическим путем сопряжен с обработкой огромного массива данных, а самое главное – трудоемкими испытаниями на тестовых участках дорожной сети. Организация таких испытаний требует помимо специально оборудованных транспортных средств соблюдения ряда ограничений, например, соответствующей квалификации водителей и регламентации алгоритма управления автомобилем.

Понятно, что получение синтетических типичных ездовых циклов – это длительный процесс, и зачастую полученный в результате шаблон изменения скорости уже не соответствует изменившимся дорожным условиям. Например, до сих пор используемый европейский цикл NEDC был разработан в 80-е годы прошлого века.

Тем не менее, потребность в адекватных типичных ездовых циклах, полученных на основе статистических данных за приемлемое время, сохраняется. Для решения проблемы длительных экспериментальных исследований можно использовать актуальные базы данных спутникового онлайн-мониторинга, который получил широчайшее распространение во всем мире [3–9].

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования в данной работе выступает скоростной профиль транспортных средств. Предметом является скоростной профиль, полученный средствами ГНСС-мониторинга. В работе применяется обучаемая нейронная сеть прямого распространения.

Экспериментальная часть

В качестве статистического материала для синтеза ездового цикла на базе отчетов о скорости движения, формируемых всеми серверами систем мониторинга, пригодны лишь те, где установлен достаточно малый период обновления. Но даже скоростные профили, полученные с минимальной на данный момент периодичностью обновления скорости в одну секунду, требуют предварительной обработки. Это связано с тем, что значения скорости рассчитываются

системой ГНСС на основе полученных со спутника координат и дают значительную локальную погрешность (рис. 1), причем она может быть как положительной, так и отрицательной. На рисунке видны скачки вычисленных значений скорости относительно предполагаемых реальных. Таким образом, необходимо сглаживание численных значений. Для этого можно использовать огрубление данных с помощью средств спектрального анализа данных, например, Вейвлет-преобразования (рис. 2). Аппроксимация данных ГНСС-мониторинга с заданной детализацией позволяет сгладить выбросы по всему полю скоростного профиля.

Для многомерной обработки всего массива данных реальных ездовых циклов целесообразно выделение отдельных фаз движения с заданными характеристиками. Это позволит в дальнейшем применить кластерный анализ и фактически определить оценки наиболее «ближних» фаз, а отдельные кластеры послужат основой для дизайна будущего синтетического цикла. Окончательное выстраивание полученных кластеров – фаз движения – осуществляется с помощью цепей Маркова.

Выделение в анализируемом скоростном профиле отдельных фаз движения и их характеристик основано на теории распознавания

образов. Однако использование методов классификации и идентификации затрудняется «зашумленностью» данных. Поэтому, по мнению автора, для этой цели целесообразно использовать обучаемую нейросеть. Нейронная сеть прямого распространения может быть спроектирована и обучена в программе моделирования Stamm (рис. 3) [10, 11].

Чтобы можно было использовать нейросеть для выделения отдельных фаз движения из скоростного профиля по данным отчета ГНСС-мониторинга, необходимо выполнить ее обучение на эталонном скоростном профиле, причем его данные должны иметь такие же флуктуации скорости, что и статистический материал. С этой целью автор использовал доработанный GPS-Глонасс трекер StarLine M15. Доработка заключалась в добавлении входа для питания устройства от бортовой сети автомобиля и установке преобразователя напряжения в корпус прикуривателя. Эксперимент заключался в воспроизведении циклов с заданными характеристиками и записи данных на сервере мониторинга. Марка и модель автомобиля в этом случае не имеют никакого значения. Данные, полученные таким образом после добавления к ним характеристик фаз движения, служат основой обучающей выборки для нейронной сети.

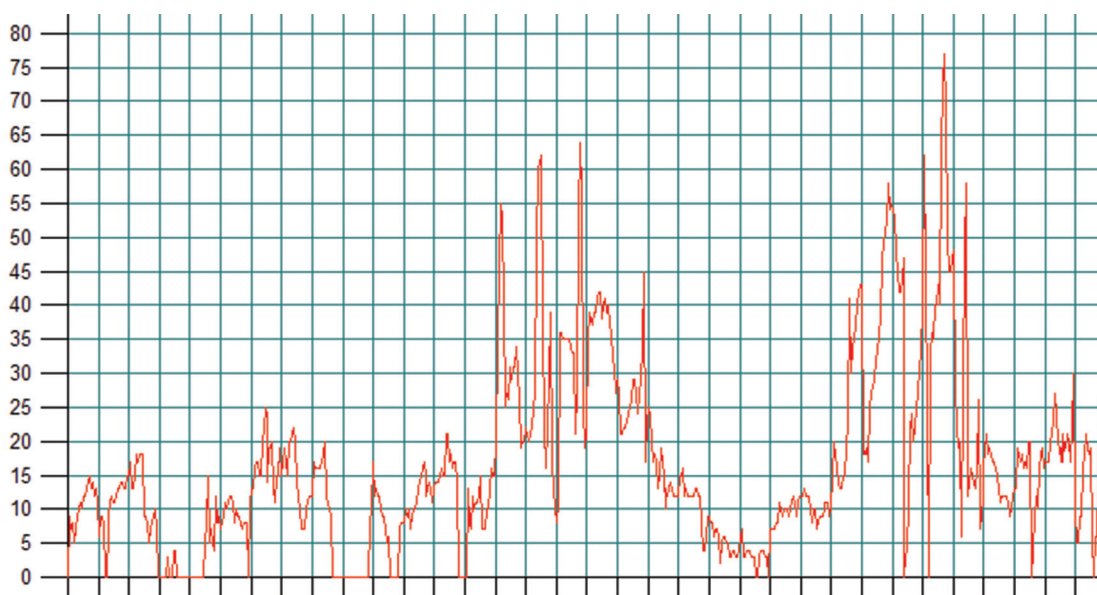


Рис. 1. Скоростной профиль, формируемый системой ГНСС

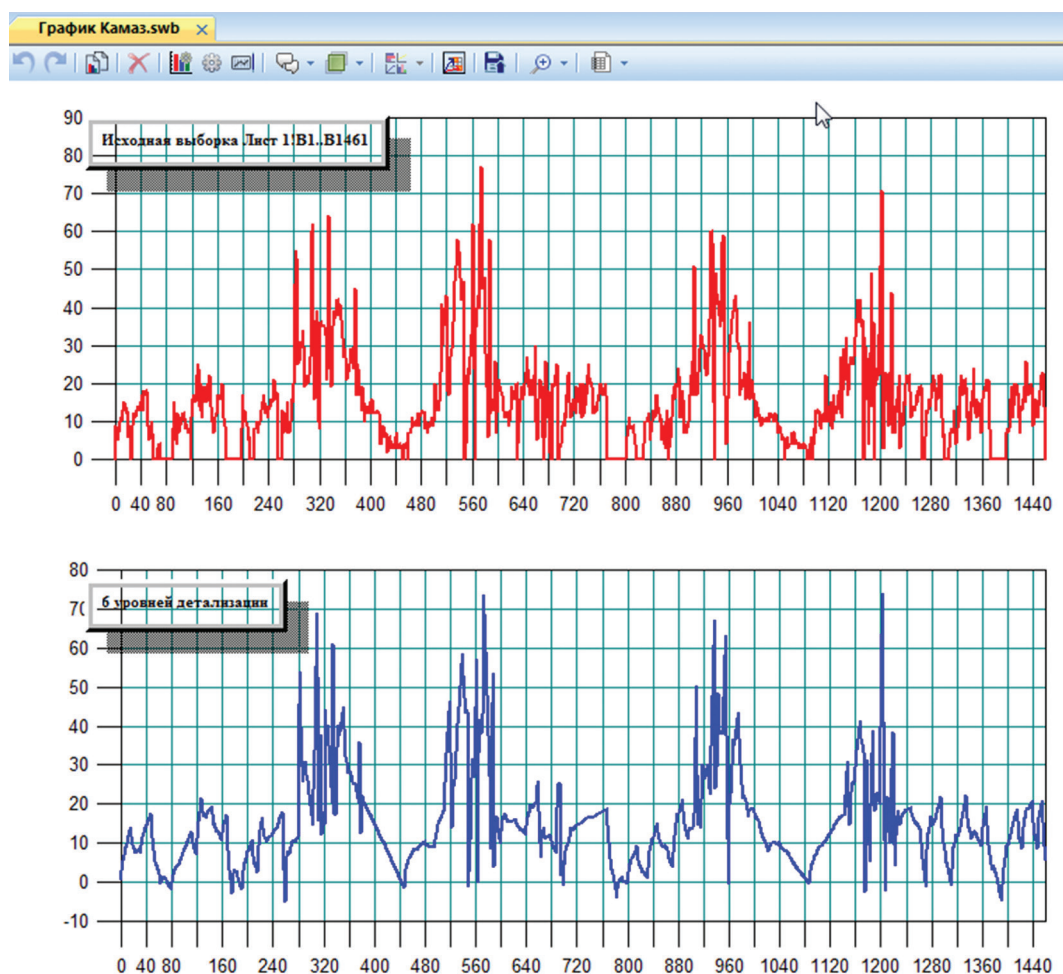


Рис. 2. Скоростной профиль, подвергнутый Вейвлет-преобразованию. Stamm 4.2

Распознавание фаз движения							
	A	B	C	D	E	F	G
3							
4	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
5	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
6	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
7	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
8	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
9	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
10	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
11	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
12	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
13	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
14	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
15	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
16	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
17	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
18	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
19	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0
20	→0	→0	→0	→0	→0	→0	→0

Рис. 3. Макет нейронной сети в программе Stamm 4.2

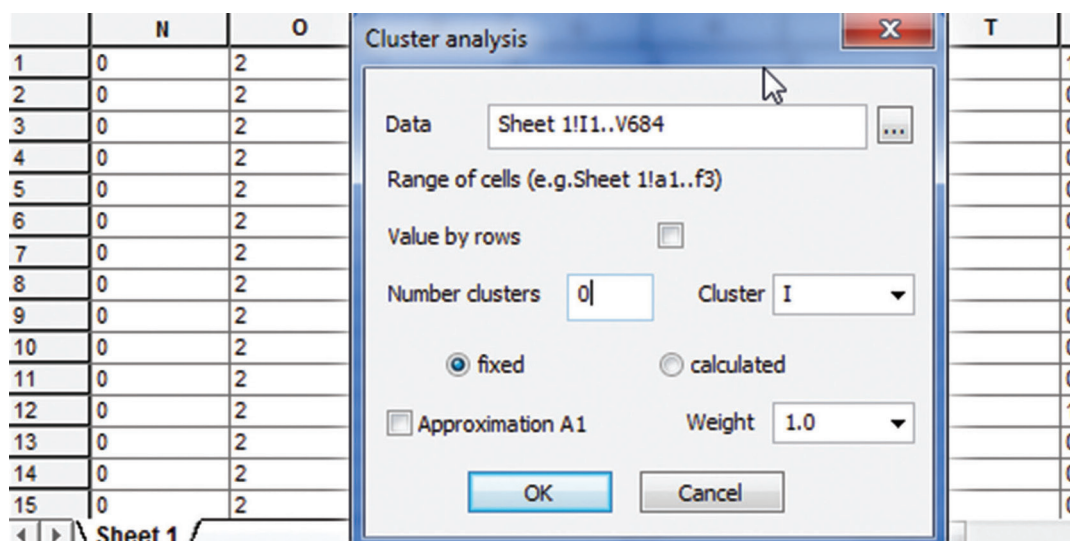


Рис. 4. Настройка параметров кластерного анализа в программе Stamm 4.2

Результаты

В процессе формирования обучающей выборки необходимо установить параметры, которые будут затем использованы при разработке программы распознавания отдельных фаз движения. Одним из главных параметров является позиция в исходном файле скоростного профиля, где заканчивается выделенная фаза движения. Эта позиция служит указателем, с которого начинается распознавание следующей фазы.

С помощью анализа массива скоростных профилей, полученных ГНСС-мониторингом, необходимо определить максимальное число входов нейронной сети. Оно должно быть достаточно большим, чтобы полностью перекрывать все точки, принадлежащие самой продолжительной фазе движения.

На выходе разрабатываемой программы распознавания фаз движения должен быть тек-

стовый файл, каждая строка которого содержит параметры отдельной фазы. Полученный файл в дальнейшем может быть подвергнут кластерному анализу в программе Stamm для определения параметров кластеров, представляющих схожие фазы движения и их количество (для автоматического определения необходимо указать «0» в поле «число кластеров» (рис. 4)).

Выводы

Предложенные методы и подходы организации эксперимента позволяют значительно сократить объем экспериментальных исследований при синтезе типичных ездовых циклов транспортных средств. Это, в свою очередь, существенно сократит время их получения, а значит, повысит адекватность воспроизведения реальных режимов эксплуатации стандартизованными скоростными профилями.

Библиографический список

1. Маняшин, А. В. Моделирование расхода топлива автомобилями на базе типичных ездовых циклов / А. В. Маняшин, С. А. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2014 – 124 с. – Текст : непосредственный.
2. Federal Test Procedure Review Project. Status Report : approved United States Environmental Protection Agency, February, 1993, 420-R-93-006 / Direct text. – Washington : Office of Air and Radiation, 1993. – 21 p.

3. Development of a driving cycle for Brasov city / D. Covaciu, I. Preda, D. Florea, C. Vasile. – Direct text // International Conference of Mechanical Engineering ICOME, October, 2010. – Craiova : Universitaria Publishing House, 2010. – Т. II. – Pp. 761–766.
4. Tzirakis, E. Development of processing methodologies used to form complete driving-cycle dynamometer tests based on urban on-road driving and road gradient data / E. Tzirakis, F. Zannikos. – DOI: 10.1177/0954407014529940. – Direct text // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D. Journal of Automobile Engineering. – 2015. – 229 (1). – Pp. 97–110.
5. Anida, I. N. Driving cycle development for Kuala Terengganu city using k-means method / I. N. Anida, S. A. Rahman. – DOI: 10.11591/ijece.v9i3.pp1780-1787. – Direct text // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2019. – 9 (3). – Pp. 1780–1787.
6. André, M. Real-world driving cycles for measuring cars pollutant emissions – Part B : Driving cycles according to vehicle power : Report INRETS-LTE / M. André. Madrid : Cedex, 2004. – 93 p. – Direct text.
7. Development of Urban Driving Cycle with GPS Data Post Processing / P. Lipar, I. Strnad, M. Česnik, T. Maher. – DOI: 10.7307/ptt.v28i4.1916. – Direct text // Promet–Traffic&Transportation. – 2016. – Vol. 28, No. 4. – Pp. 353–364.
8. Driving Cycle for Motorcycle Using Micro-Simulation Model / R. Kumar, B. Durai, P. Parida [et al.]. – DOI: 10.4236/jep.2012.329144. – Direct text // Journal of Environmental Protection. – 2012. – 3 (9A). – Pp. 1268– 1273.
9. The Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP) / Vehicle Certification Agency : [site]. – URL : <https://www.vehicle-certification-agency.gov.uk/fcb/wltp.asp>. – Electronic text (дата обращения : 09.11.2021).
10. Маняшин, А. В. Использование Stamm 3.0 при решении научных и инженерно-технических задач : монография / А. В. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. – 191 с. – Текст : непосредственный.
11. Маняшин, А. В. Статистический анализ данных и имитационное моделирование в системе Stamm 4.0 / А. В. Маняшин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – 220 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Manyashin, A. V., & Manyashin, S. A. (2014). Modelirovanie raskhoda topliva avtomobilyami na baze tipichnykh ezdovykh tsiklov. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 124 p. (In Russian).
2. United States Environmental Protection Agency. (1993). Federal Test Procedure Review Project. Status Report 420-R-93-006. Washington, Office of Air and Radiation, February, 1993, 21 p. (In English).
3. Covaciu, D., Preda, I., Florea, D., & Vasile, C. (2010). Development of a driving cycle for Brasov city. International Conference of Mechanical Engineering ICOME, October, 2010. Craiova, Universitaria Publishing House, T. II, pp. 761-766. (In English).
4. Tzirakis, E., & Zannikos, F. (2015). Development of processing methodologies used to form complete driving-cycle dynamometer tests based on urban on-road driving and road gradient data. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part: D Journal of Automobile Engineering, 229(1), pp. 97-110. (In English). DOI: 10.1177/0954407014529940
5. Anida, I. N., & Rahman, S. A. (2019). Driving cycle development for Kuala Terengganu city using k-means method. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 9(3), pp. 1780-1787. (In English). DOI: 10.11591/ijece.v9i3.pp1780-1787
6. André, M. (2004). Real-world driving cycles for measuring cars pollutant emissions – Part B: Driving cycles according to vehicle power. Report INRETS-LTE. Madrid, Cedex, 93 p. (In English).

-
7. Lipar, P., Strnad, I., Česnik, M., & Maher, T. (2016). Development of Urban Driving Cycle with GPS Data Post Processing. *Promet–Traffic&Transportation*, 28(4), pp. 353-364. (In English). DOI: 10.7307/ptt.v28i4.1916
 8. Kumar, R., Durai, B., Parida, P., Saleh, W., & Gupta, K. (2012). Driving Cycle for Motorcycle Using Micro-Simulation Model. *Journal of Environmental Protection*, 3(9A), pp. 1268-1273. (In English). DOI: 10.4236/jep.2012.329144
 9. The Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure (WLTP). Vehicle Certification Agency. (In English). Available at: <https://www.vehicle-certification-agency.gov.uk/fcb/wltp.asp> (date of the application 09.11.2021).
 10. Manyashin, A. V. (2017). Ispol'zovanie Stamm 3.0 pri reshenii nauchnykh i inzhenerno-tehnicheskikh zadach: monografiya. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 191 p. (In Russian).
 11. Manyashin, A. V. (2020). Statisticheskii analiz dannykh i imitatsionnoe modelirovanie v sisteme Stamm 4.0. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 220 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Маняшин Александр Владимирович, к. т. н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, e-mail: awm_zub@mail.ru, manjashinav@tyuiu.ru

Information about the author

Alexander V. Manyashin, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Road Transport Operation, Industrial University of Tyumen, e-mail: awm_zub@mail.ru, manjashinav@tyuiu.ru

Для цитирования: Маняшин, А. В. Методология исследования городских ездовых циклов автомобилей / А. В. Маняшин. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-67-73. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 67–73.

For citation: Manyashin, A. V. (2021). Research methodology for urban vehicle driving cycles. *Arkhitectura, stroitel'stvo, transport* [Architecture, construction, transport], (4), pp. 67-73. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-67-73.

ВЛИЯНИЕ НАРАБОТОК НА ОТКАЗ НА ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. В. Сарбей, Н. С. Захаров

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

EFFECT OF MEAN TIME BETWEEN FAILURES (MTBF) ON UPTIME INDEXES OF SPECIALTY TRUCKS TRANSMISSION ELEMENTS OF AN OIL AND GAS PRODUCTION ENTERPRISE

Alexander V. Sarbey, Nikolay S. Zakharov

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. Надежность автомобильного транспорта является одним из основных факторов, влияющих на производительность эксплуатационных задач и выполнение специальных работ любого автотранспортного предприятия. Эффективность выполнения задач напрямую зависит от бесперебойной работы транспортных средств на месте выполнения операции.

В исследовательской работе проведен сбор данных наработок на отказ специальных грузовых автомобилей Урал 4320 по шести элементам трансмиссии: коробкам передач, раздаточным коробкам передач, сцеплениям, карданным валам, передним и задним мостам. Определены численные значения основных показателей безотказности и получены их функциональные зави-

Abstract. The reliability of road transport is one of the main factors affecting the operational capacity and special works performance of any road transport company. The efficiency of task performance directly depends on the uninterrupted operation of vehicles at the site of operation.

The authors of the study collected data of MTBF of special trucks Ural 4320 for six transmission elements: gearboxes, transfer gearboxes, clutches, cardan shafts, front and rear axles.

The numerical values of the main uptime indicators are determined and their functional dependences on the MTBF are obtained. According to the graphic representation of the functional dependences and variation coefficients, the law of distribution of random variables is determined.

симости по наработке на отказ. По графическому изображению функциональных зависимостей и коэффициентам вариации определен закон распределения случайных величин.

Ключевые слова: надежность, безотказность, наработка на отказ, закон распределения, коэффициент вариации, трансмиссия

Key words: reliability, uptime, MTBF, distribution law, coefficient of variation, transmission

Введение

Безотказность специальных грузовых автомобилей, выполняющих производственные задачи нефтегазодобывающих предприятий в неблагоприятных природно-климатических, дорожных и эксплуатационных условиях, является одним из основных показателей их надежности [1–3], который оказывает существенное влияние на коэффициент технической готовности автотранспорта и экономическую прибыль предприятия от выполняемых работ [4–6].

Целью работы является определение безотказности элементов трансмиссии специальных грузовых автомобилей, эксплуатация которых осуществляется в неблагоприятных условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- сформировать объем выборки наработок на отказ элементов трансмиссии;
- определить численные значения показателей безотказности путем проведения эмпирических вычислений наработок на отказ;
- определить законы распределения на основании графического изображения эмпирических вычислений.

Объект исследования

Объектом исследования является определение безотказности элементов трансмиссии специальных грузовых автомобилей, предметом исследования – трансмиссия автомобиля Урал 4320.

Экспериментальная часть

В ходе выполнения первой задачи выявлено 310 неисправностей 33 автомобилей. Сформиро-

ваны следующие наработки на отказ (км) по шести элементам трансмиссии:

- коробкам передач: 298 931; 266 919; 263 925; 210 323; 187 475; 182 373; 177 710; 160 456; 158 555; 152 947; 142 816; 141 255; 132 990; 131 117; 128 263; 119 972; 117 484; 106 258; 82 519; 80 088; 75 890; 64 655; 59 061; 56 013; 53 583; 52 047; 49 963; 44 570; 41 857; 41 121; 36 914; 19 675; 16 358; 7 906; 7 026.
- раздаточным коробкам передач: 225 287; 220 890; 210 323; 191 314; 181 725; 178 985; 162 325; 154 755; 132 990; 131 478; 117 484; 113 790; 106 741; 103 627; 97 802; 90 812; 90 654; 89 120; 82 519; 79 866; 71 815; 71 742; 68 379; 61 556; 61 125; 59 411; 57 287; 54 741; 54 266; 52 686; 47 186; 45 475; 44 661; 39 230; 32 128; 30 883; 22 222; 21 939; 19 876; 10 051; 9 304; 8 997; 8 479; 7 751; 6 857; 6 466; 125.
- задним мостам: 250 474; 205 026; 189 824; 184 091; 158 555; 151 379; 146 359; 146 094; 133 248; 128 263; 126 067; 115 942; 115 454; 107 593; 86 175; 70 065; 51 334; 45 475; 41 121; 39 755; 36 305; 36 156; 34 074; 28 688; 26 874; 26 675; 26 053; 21 146; 21 145; 15 904; 14 964; 13 992; 8 694; 4 204; 3 729; 2 151; 413.
- передним мостам: 318 965; 282 612; 243 371; 220 890; 210 323; 197 377; 170 881; 154 755; 152 947; 141 866; 132 990; 132 819; 128 554; 117 911; 107 891; 101 554; 86 062; 82 519; 81 081; 79 432; 68 379; 62 992; 61 556; 59 131; 56 021; 55 301; 54 266; 45 475; 45 416; 43 698; 41 121; 40 218; 39 755; 35 579; 30 974; 28 119; 26 516; 25 907; 21 694; 19 923; 17 942; 17 869; 16 689; 16 166; 13 567; 12 462; 12 175; 10 175; 10 002; 9 793; 9 304; 8 990; 7 977; 7 654; 7 526;

6 347; 4 566; 4 491; 4 204; 3 984; 2 967; 2 789; 2 151; 1 900; 1 770; 602.

- сцеплениям: 247 828; 243 371; 197 377; 164 696; 158 927; 152 947; 148 881; 144 650; 138 143; 132 990; 118 629; 117 911; 117 484; 116 189; 111 587; 106 258; 101 172; 89 934; 82 519; 80 610; 79 432; 78 904; 78 230; 68 783; 67 863; 65 356; 64 833; 61 256; 59 490; 56 537; 56 303; 54 266; 53 585; 53 583; 48 451; 48 288; 47 350; 44 709; 44 442; 41 857; 41 096; 39 256; 38 345; 36 133; 32 771; 31 499; 31 276; 30 543; 28 890; 25 520; 22 296; 22 186; 21 594; 18 687; 16 918; 16 689; 16 639; 16 358; 15 729; 14 967; 14 428; 14 337; 13 567; 12 813; 12 442; 12 175; 11 913; 11 085; 10 684; 10 002; 9 793; 7 039; 6 857; 5 546; 4 325; 2 964; 2 287; 2 200; 1 130; 1 020; 656; 190.
- карданным валам: 268 565; 243 371; 236 789; 214 527; 195 748; 190 923; 177 710; 158 555; 148 245; 144 673; 143 172; 141 255; 131 478; 128 263; 117 911; 112 097; 108 447; 101 172; 82 522; 81 203; 77 275; 75 890; 54 266; 47 350; 40 653; 39 280; 34 067; 31 276; 30 130; 28 890; 27 892; 25 691; 24 279; 20 903; 19 032; 16 358; 14 976; 14 531; 14 047; 13 567; 7 849; 6 182; 1 770.

На следующем этапе эмпирических вычислений необходимо было выполнить вторую задачу исследования [7] путем нахождения частоты отказов (W_i), вероятности отказов ($F(l_i)$), вероятности безотказной работы ($R(l_i)$) и плотности

вероятностных отказов ($f(l_i)$) по следующим выражениям (1–4):

$$W_i = \frac{m_i}{n}, \quad (1)$$

$$F(l_i) = \frac{m(l_i)}{n}, \quad (2)$$

$$R(l_i) = 1 - F(l_i), \quad (3)$$

$$f(l_i) = \frac{W_i}{\Delta l}, \quad (4)$$

где m_i – количество отказов в интервале;
 n – общее число отказов;
 l_i – середина интервала, км;
 Δl – длина интервала, км.

Результаты и обсуждения

В ходе выполнения экспериментальных вычислений по вышеуказанным формулам получены численные значения основных показателей безотказности [8]. Эти данные заполняются в соответствующих интервалах сводной таблицы по каждому элементу трансмиссии. Результаты расчетов по коробкам передач, раздаточным коробкам передач, сцеплениям, карданным валам, передним и задним мостам представлены в таблицах 1–6.

Таблица 1

Расчет по коробкам передач

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	48	96	144	192	240	288
$l_{\max_i}$, тыс. км	48	96	144	192	240	288	336
l_i , тыс. км	24	72	120	168	216	264	312
m_i , ед.	8	9	8	6	1	2	1
$m(l_i)$, ед.	8	17	25	31	32	34	35
W_i	0,229	0,257	0,229	0,171	0,029	0,057	0,029
$F(l_i)$	0,229	0,486	0,714	0,886	0,914	0,971	1
$R(l_i)$	0,771	0,514	0,286	0,114	0,086	0,029	0
$f(l_i)$	$4,76 \cdot 10^{-6}$	$5,36 \cdot 10^{-6}$	$4,76 \cdot 10^{-6}$	$3,57 \cdot 10^{-6}$	$5,95 \cdot 10^{-6}$	$1,19 \cdot 10^{-6}$	$5,95 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2

Расчет по раздаточным коробкам передач

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	35	70	105	140	175	210
$l_{\max_i}$, тыс. км	35	70	105	140	175	210	245
l_i , тыс. км	17,5	52,5	87,5	122,5	157,5	192,5	227,5
m_i , ед.	13	12	9	5	2	3	3
$m(l_i)$, ед.	13	25	34	39	41	44	47
W_i	0,277	0,255	0,191	0,106	0,043	0,064	0,064
$F(l_i)$	0,277	0,532	0,723	0,83	0,872	0,936	1
$R(l_i)$	0,723	0,468	0,277	0,17	0,128	0,064	0
$f(l_i)$	$7,9 \cdot 10^{-6}$	$7,29 \cdot 10^{-6}$	$5,47 \cdot 10^{-6}$	$3,04 \cdot 10^{-6}$	$1,22 \cdot 10^{-6}$	$1,82 \cdot 10^{-6}$	$1,82 \cdot 10^{-6}$

Таблица 3

Расчет по сцеплениям

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	36	72	108	144	180	216
$l_{\max_i}$, тыс. км	36	72	108	144	180	216	252
l_i , тыс. км	18	54	90	126	162	198	234
m_i , ед.	38	21	8	7	5	1	2
$m(l_i)$, ед.	38	59	67	74	79	80	82
W_i	0,463	0,256	0,098	0,085	0,061	0,012	0,024
$F(l_i)$	0,463	0,720	0,817	0,902	0,963	0,976	1
$R(l_i)$	0,537	0,208	0,183	0,098	0,037	0,024	0
$f(l_i)$	$1,29 \cdot 10^{-5}$	$7,11 \cdot 10^{-6}$	$2,71 \cdot 10^{-6}$	$2,37 \cdot 10^{-6}$	$1,69 \cdot 10^{-6}$	$3,39 \cdot 10^{-7}$	$6,78 \cdot 10^{-7}$

Таблица 4

Расчет по карданным валам

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	42	84	126	168	210	252
$l_{\max_i}$, тыс. км	42	84	126	168	210	252	294
l_i , тыс. км	21	63	105	147	189	231	273
m_i , ед.	19	6	4	7	3	3	1
$m(l_i)$, ед.	19	25	29	36	39	42	43
W_i	0,442	0,140	0,093	0,163	0,070	0,070	0,023
$F(l_i)$	0,442	0,581	0,674	0,837	0,907	0,977	1
$R(l_i)$	0,558	0,419	0,326	0,163	0,093	0,023	0
$f(l_i)$	$1,05 \cdot 10^{-5}$	$3,32 \cdot 10^{-6}$	$2,21 \cdot 10^{-6}$	$3,88 \cdot 10^{-6}$	$1,66 \cdot 10^{-6}$	$1,66 \cdot 10^{-6}$	$5,54 \cdot 10^{-7}$

Таблица 5

Расчет по передним мостам

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	46	92	138	184	230	276
$l_{\max_i}$, тыс. км	46	92	138	184	230	276	322
l_i , тыс. км	23	69	115	161	207	253	299
m_i , ед.	39	11	6	4	3	1	2
$m(l_i)$, ед.	39	50	56	60	63	64	66
W_i	0,591	0,167	0,091	0,061	0,045	0,0105	0,030
$F(l_i)$	0,591	0,758	0,848	0,909	0,955	0,970	1
$R(l_i)$	0,409	0,242	0,152	0,091	0,045	0,030	0
$f(l_i)$	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$3,62 \cdot 10^{-6}$	$1,98 \cdot 10^{-6}$	$1,32 \cdot 10^{-6}$	$9,88 \cdot 10^{-7}$	$3,29 \cdot 10^{-7}$	$6,59 \cdot 10^{-7}$

Таблица 6

Расчет по задним мостам

Обозначение	N _{инт} 1	N _{инт} 2	N _{инт} 3	N _{инт} 4	N _{инт} 5	N _{инт} 6	N _{инт} 7
$l_{\min_i}$, тыс. км	0	41	82	123	164	205	246
$l_{\max_i}$, тыс. км	41	82	123	164	205	246	287
l_i , тыс. км	20,5	61,5	102,5	143,5	184,5	225,5	266,5
m_i , ед.	18	4	4	7	2	1	1
$m(l_i)$, ед.	18	22	26	33	35	36	37
W_i	0,486	0,108	0,108	0,189	0,054	0,0257	0,027
$F(l_i)$	0,486	0,595	0,703	0,892	0,946	0,973	1
$R(l_i)$	0,514	0,405	0,297	0,108	0,054	0,027	0
$f(l_i)$	$1,19 \cdot 10^{-5}$	$2,64 \cdot 10^{-6}$	$2,64 \cdot 10^{-6}$	$4,61 \cdot 10^{-6}$	$1,32 \cdot 10^{-6}$	$6,59 \cdot 10^{-7}$	$6,59 \cdot 10^{-7}$

На основании определения коэффициентов вариации по формулам (5–7) для каждого элемента трансмиссии и графического представления функциональной зависимости $y=f(l_i)$ (рис. 1) выполним третью задачу исследования [9, 10]:

$$v_i = \frac{\sigma_i}{\bar{l}_i}, \quad (5)$$

где σ_i – среднеквадратическое отклонение наработки на отказ, км;

$\bar{l}_i$ – средняя наработка на отказ, км.
 $\bar{l}_i$ и σ_i определяем по формулам (6) и (7):

$$\bar{l}_i = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}, \quad (6)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l}_i)^2}{n-1}}. \quad (7)$$

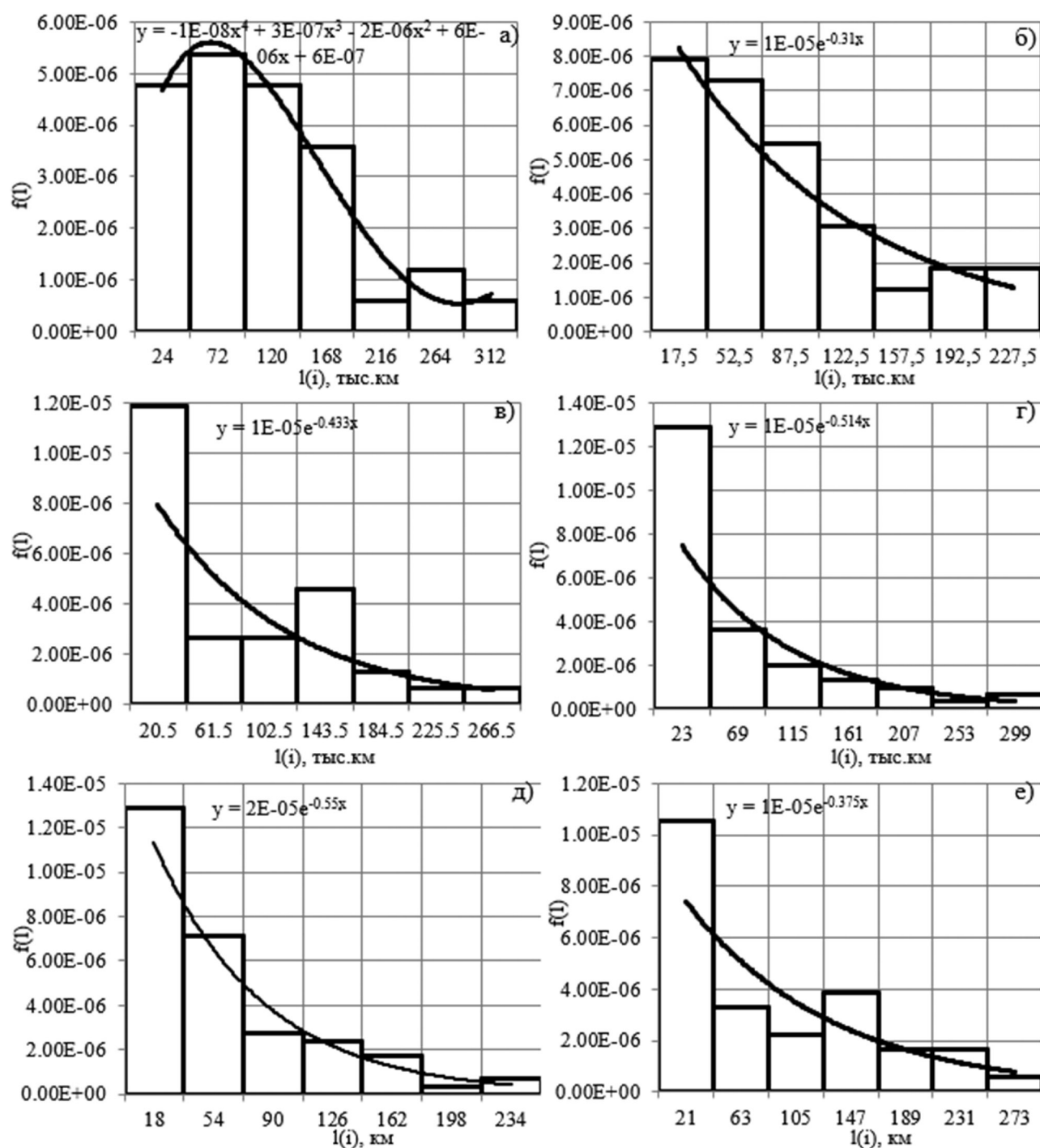


Рис. 1. Изменение плотности вероятностных отказов по наработке:
а) коробки передач; б) раздаточных коробок передач; в) задних мостов; г) передних мостов;
д) сцеплений; е) карданных валов

Вывод

В ходе выполнения исследовательской работы была решена задача по определению безотказности элементов трансмиссии специальных

грузовых автомобилей, эксплуатируемых в неблагоприятных условиях.

Был сформирован объем выборки по 310 отказам сцеплений, карданных валов, передних и

задних мостов, коробок передач и раздаточных коробок передач со средними наработками на отказ, которые составили 56 469, 88 204, 63 953, 76 039, 110 543, 79 513 км соответственно. Определены численные значения основных показателей безотказности с последующим построением гистограмм изменения плотности вероятностных отказов по наработке на отказ для каждого элемента трансмиссии. На основании построе-

ния гистограмм и эмпирического вычисления коэффициента вариации можно сделать вывод, что экспоненциальный закон распределения характерен для раздаточных коробок передач, сцеплений, карданных валов, передних и задних мостов с коэффициентами вариаций 0,8; 0,99; 0,86; 1 и 0,9 соответственно. Закон распределения отказов коробок передач близок к распределению Вейбулла с коэффициентом вариации 0,7.

Библиографический список

1. Макарова, А. Н. Корректирование нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий и интенсивности эксплуатации автомобилей : монография / А. Н. Макарова, Н. С. Захаров. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2019. – 174 с. – Текст : непосредственный.
2. Авдонькин, Ф. Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф. Н. Авдонькин. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1973. – 190 с. – Текст : непосредственный.
3. Развитие технической эксплуатации автомобилей : проблемы и перспективы / Н. С. Захаров, А. Н. Макарова, В. А. Бузин, В. В. Зуев. – Текст : непосредственный // Проблемы функционирования систем транспорта : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 2-х томах, Тюмень, 5–7 декабря 2018 года / отв. ред. А. В. Медведев. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 290–295.
4. Айвазян, С. А. Прикладная статистика : исследование зависимостей : справочное издание / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин ; под ред. С. А. Айвазяна. – Москва : Финансы и статистика, 1985. – 487 с. – Текст : непосредственный.
5. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебник для вузов / Е. С. Вентцель ; 3-е изд., испр. – Москва : Наука, 1964. – 576 с. – Текст : непосредственный.
6. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.] ; под ред. Е. С. Кузнецова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 2001. – 535 с. – Текст : непосредственный.
7. Захаров, Н. С. Оценка наработки на отказ пневмоподвески автобусов большого класса KAROSA-C934 / Н. С. Захаров, А. В. Мальшаков. – Текст : непосредственный // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 3–1. – С. 60–64.
8. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. Т. 8. Эксплуатация и ремонт / А. М. Андронов, М. А. Арустамов, Е. Ю. Барзилович [и др.] ; под ред. В. И. Кузнецова, Е. Ю. Барзиловича. – Москва : Машиностроение, 1990. – 320 с. – Текст : непосредственный.
9. Сарбей, А. В. Распределение наработок на отказ сцеплений автомобилей КАМАЗ-43118 ПАО «Сургутнефтегаз» / А. В. Сарбей, Н. С. Захаров. – Текст : непосредственный // Транспортные и транспортно-технологические системы : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 22 октября 2020 года / отв. редактор Н. С. Захаров. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 335–337.
10. Некрасов, В. И. Предварительная обработка экспериментальных исследований : методические указания к выполнению лабораторных работ : [по направлениям подготовки, 19.06.01 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 13.06.02 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов», квалификации «бакалавр»] / В. И. Некрасов ; Министерство науки и высшего образова-

ния Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет, Филиал ТИУ в г. Сургуте, Кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин. – Сургут : Сургутский институт нефти и газа, 2011. – 89 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Makarova, A. N., & Zakharov, N. S. (2019). Korrektirovanie normativov periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya s uchetom fakticheskikh usloviy i intensivnosti ekspluatatsii avtomobiley. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 174 p. (In Russian).
2. Avdon'kin, F. N. (1973). Izmenenie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya v protsesse ekspluatatsii. Saratov, Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta Publ., 190 p. (In Russian).
3. Zakharov, N. S., Makarova, A. N., Buzin, V. A., & Zuev, V. V. (2019). Razvitie tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley: problemy i perspektivy. Problemy funktsionirovaniya sistem transporta: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh: 2-kh tomakh, Tyumen, December, 5–7, 2018. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 290–295. (In Russian).
4. Ayvazyan, S. A., Enyukov, I. S., & Meshalkin, L. D. (1985). Prikladnaya statistika: issledovanie zavisimostey. Moscow, Finansy i statistika Publ., 487 p. (In Russian).
5. Venttsel', E. S. (1964). Teoriya veroyatnostey. 3rd edition, revised. Moscow, Nauka Publ., 576 p. (In Russian).
6. Kuznetsov, E. S., Boldin, A. P., Vlasov, V. M., Kovalenko, V. G., Maksimov, V. A., Postolit, A. V., ... Yanchevskiy, V. A. (2001). Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley. 4th edition, revised. Moscow, Nauka Publ., 535 p. (In Russian).
7. Zakharov, N. S., & Mal'shakov, A. V. (2014). Otsenka narabotki na otkaz pnevmopodveski avtobusov bol'shogo klassa KAROSA-C934. Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoy nauki, (3-1), pp. 60–64. (In Russian).
8. Andronov, A. M., Arustamov, M. A., Barzilovich, E. Yu., Belokon', R. N., Belyaev, Yu. K., Bondarenko, A. I., ... Shevchuk, A. G. (1990). Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: spravochnik v 10 t. T. 8. Ekspluatatsiya i remont. Moscow, Mashinostroenie Publ., 320 p. (In Russian).
9. Sarbey, A. V., & Zaharov, N. S. (2020). Distribution of earnings on failure of clutches of KAMAZ-43118 cars of public company "Surgutneftegaz". (In Russian). Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy : Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, October, 22, 2020. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 335–337. (In Russian).
10. Nekrasov, V. I. (2011). Predvaritel'naya obrabotka eksperimental'nykh issledovaniy. Surgut, Surgutskiy institut nefi i gaza Publ., 89 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Сарбей Александр Владимирович, аспирант кафедры сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, e-mail: sanya.sarbey@mail.ru

Захаров Николай Степанович, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zaharovns@tyuiu.ru

Information about the authors

Alexander V. Sarbey, Postgraduate Student at the Department of Automotive and Technological Machinery Service, Industrial University of Tyumen, e-mail: sanya.sarbey@mail.ru

Nikolay S. Zakharov, Doctor of Engineering, Professor, Head at the Department of Automotive and Technological Machinery Service, Industrial University of Tyumen, e-mail: zaharovns@tyuiu.ru

Для цитирования: Сарбей, А. В. Влияние наработок на отказ на показатели безотказности элементов трансмиссии специальных грузовых автомобилей нефтегазодобывающего предприятия / А. В. Сарбей, Н. С. Захаров. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-74-82. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 74–82.

For citation: Sarbey, A. V., & Zakharov, N. S. (2021). Effect of mean time between failures (MTBF) on uptime indexes of specialty trucks transmission elements of an oil and gas production enterprise. Architecture, construction, transport, (4), pp. 74-82. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-74-82.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРМ ТЕПЛОВЫХ ДВС

А. С. Лоренц

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

IMPROVING OF OPERATING PROPERTIES OF THE GAS DISTRIBUTING MECHANISM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Anatoly S. Lorents

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Arkhangelsk, Russia

Аннотация. Снижение теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения является актуальной задачей. Это обусловлено необходимостью уменьшения рисков деформации рабочей поверхности тарелки клапана и, как следствие, увеличения ресурса газораспределительного механизма.

В работе предложена конструкция клапанного механизма с возможностью подвода охлаждающего агента в камеру сгорания через полость клапана. Данные предварительного исследования показали эффективность подачи охлаждающего агента. При сравнении температурных показателей в исследуемых контрольных точках было выявлено снижение температуры клапана на 0,72–25 %.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газораспределительный механизм, подача воды

Abstract. Reducing the heat load of the valve mechanism of the gas distribution system is an urgent task. This is due to the need to reduce the risks of deformation of the working surface of the valve disc and, as a consequence, to increase the resource of the gas distribution mechanism.

The paper proposes a valve mechanism design with the possibility of supplying the coolant to the combustion chamber through the valve cavity. The data from the preliminary study showed the effectiveness of the coolant supply. When comparing the temperature indicators in the test points under study, a decrease in the valve temperature by 0,72–25 % was revealed.

Key words: internal combustion engine, gas distribution mechanism, water supply

Введение

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью компенсации температурного воздействия на клапан системы газораспределения, уменьшения рисков деформации рабочей поверхности тарелки и, как следствие, увеличения ресурса газораспределительного механизма. В настоящее время в промышленности для выполнения транспортно-технологических работ применяются различные агрегаты, оснащенные тепловым двигателем внутреннего сгорания (ДВС). При выполнении рабочего процесса тепловых ДВС часть элементов конструкции подвержена влиянию высокотемпературных воздействий. На основании проведенных опытов и структурировании данных установлено, что в конце такта выпуска в процессе сгорания топлива температура изменяется в следующих пределах: для бензиновых двигателей – от 2 126,85 до 2 526,85 °C, для дизельных – от 1 526,85 до 1 726,85 °C [1].

Соответственно пиковая температурная нагрузка приходится на цилиндро-поршневую группу кривошипно-шатунного механизма и клапана механизма газораспределения.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является клапанный механизм газораспределения ДВС, предметом – особенности термокомпенсации клапанных механизмов под воздействием высоких температур. Методика исследования основана на трехмерном твердотельном параметрическом моделировании [2].

Цель работы заключается в определении способа снижения теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения за счет подачи охлаждающего агента. Для ее достижения использовался метод корреляционного анализа результатов, полученных посредством моделирования термического воздействия на клапанный механизм ДВС.

Газораспределительный механизм (ГРМ) предназначен для впуска в рабочий объем цилиндров двигателя свежего заряда (горючей смеси или воздуха) и выпуска отработавших га-

зов в соответствии с фазами рабочего цикла. Для ГРМ большинства современных двигателей, как правило, характерно верхнеклапанное расположение органов газораспределения, находящихся в головке блока цилиндров (ГБЦ) [3, 4].

Под тепловой нагрузкой понимается значение удельного теплового потока, передаваемого от рабочего тела к поверхности детали. Интенсивность теплоотдачи определяется в большей мере локальными условиями смесеобразования и тепловыделения. [5].

Известно, что клапанный механизм при недостаточном отводе тепла подвержен воздействию высоких температур и динамических нагрузок. В нижней части тарелки впускного клапана температура достигает 300–420 °C в самых напряженных режимах работы [6, 7]. В нижней части тарелки выпускных клапанов температура может достигать 800–850 °C (в дизельных двигателях – 500–600 °C) [8, 9].

Экспериментальная часть

На рис. 1 представлено моделирование температурного воздействия на выпускной клапан механизма ГРМ, которое производилось в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks. Самый распространенный метод моделирования основан на анализе конечных элементов (FEA), где область проектирования разбита на мелкую сетку элементов [10]. Количество конечных элементов выбирается проектировщиком эмпирически, в зависимости от поставленных целей. Чем больше конечных элементов, тем точнее будет процесс моделирования, но для расчета всех итераций потребуется больше вычислительных и временных ресурсов.

При анализе четко прослеживается, что экстремум температурного воздействия достигается на тарелке клапана, переходит на галтель и затухает в нижней части стержня клапана. Графическое изображение процесса доказывает, что клапан испытывает температурную нагрузку, которая в совокупности с механическим воздействием имеет возможность разрушать поверхностную структуру материала и уменьшать КПД двигателя в целом.

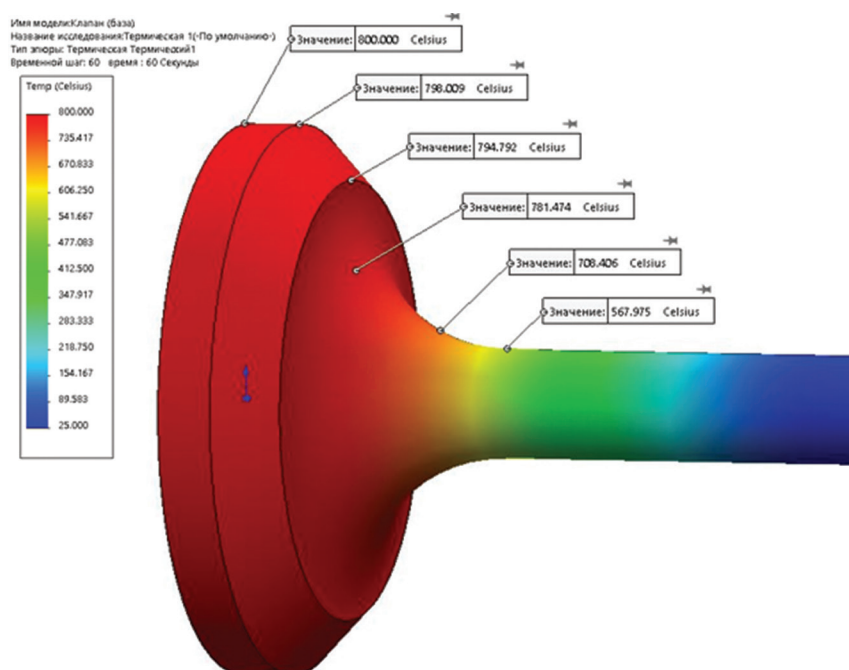


Рис. 1. Моделирование температурного воздействия на клапанный механизм

Для сокращения негативных эффектов температурного воздействия автором предложено добавить в стержень клапана механизм подачи охлаждающего агента, преимущественно воды.

На рис. 2 представлен предлагаемый вариант клапана системы газораспределения ДВС с исполнительным механизмом подвода охлаждающего агента в камеру сгорания [11].

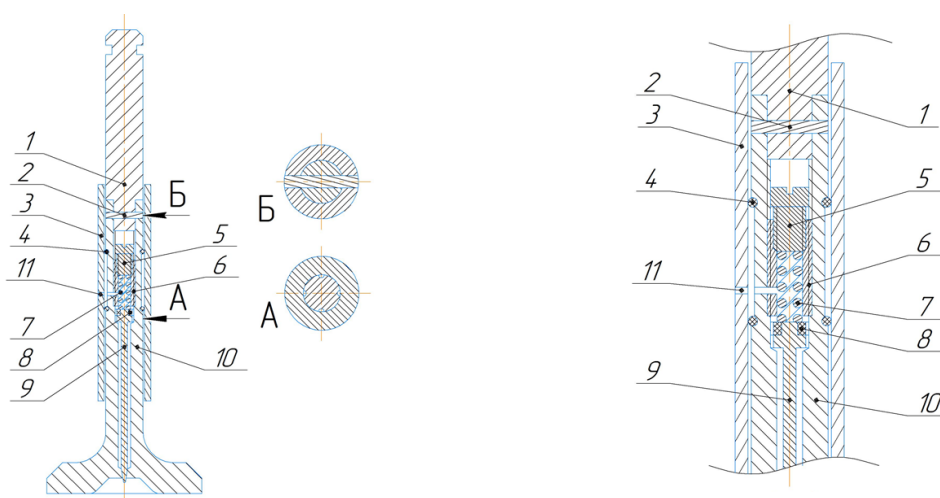


Рис. 2. Устройство термокомпенсации клапанного механизма системы ГРМ:

- 1) верхняя часть стержня клапана; 2) цилиндрический штифт; 3) направляющая втулка клапана;
- 4) уплотнительное кольцо; 5) регулировочный винт; 6) втулка;
- 7) возвратная пружина иглы; 8) уплотнительная прокладка; 9) запорная игла;
- 10) нижняя часть клапана; 11) магистраль

Предлагаемая схема модифицированного клапана основана на термодинамических принципах теплового расширения жидкости. Чтобы избежать уменьшения прочностных характеристик при сквозном сверлении внутренней полости клапана, автором было решено разделить стержень на две составляющие, состоящие из верхней части стержня клапана 1 и нижней части клапана 10 и соединенные цилиндрическим штифтом 2.

Охлаждающий агент, преимущественно вода, нагнетается в магистраль для подвода жидкости 11 через головку блока цилиндров (ГБЦ), проходя направляющую втулку 3 в канал, находящийся в полости клапана 10 при помощи подкачивающего насоса. Герметичность соединения между клапаном и направляющей втулкой достигается уплотнительными кольцами 4. Обладая высокой удельной теплоемкостью и высокой теплопроводностью, вода служит идеальной жидкостью для поддержания одинакового теплового режима и термостабильности системы. В процессе работы ДВС температура впускных клапанов многократно превышает температуру перехода охлаждаю-

щей жидкости в газообразную фазу. Вследствие чего происходит многократное расширение агента, способствующее увеличению давления во внутренней полости клапана. Под действием давления, согласно закону Паскаля, газ начинает воздействовать на запорную иглу 9, и, как только усилие превысит жесткость возвратной пружины 7, уплотнительная прокладка 8 при подъеме запорной иглы перекроет возможность подвода свежего заряда, работая как нагнетательный клапан. В это же время подъем иглы дает возможность выходить охлаждающему агенту в камеру сгорания. Высокий коэффициент теплопроводности охлаждающей жидкости позволяет эффективно отводить избыточную температуру от клапанов, увеличивая ресурс клапанного механизма.

На рис. 3 представлено моделирование температурного воздействия на измененный выпускной клапан механизма ГРМ.

Второй опыт, проведенный на модифицированном клапане, показывает положительный результат в виде уменьшения экстремумов температуры в нижней части клапанного механизма.

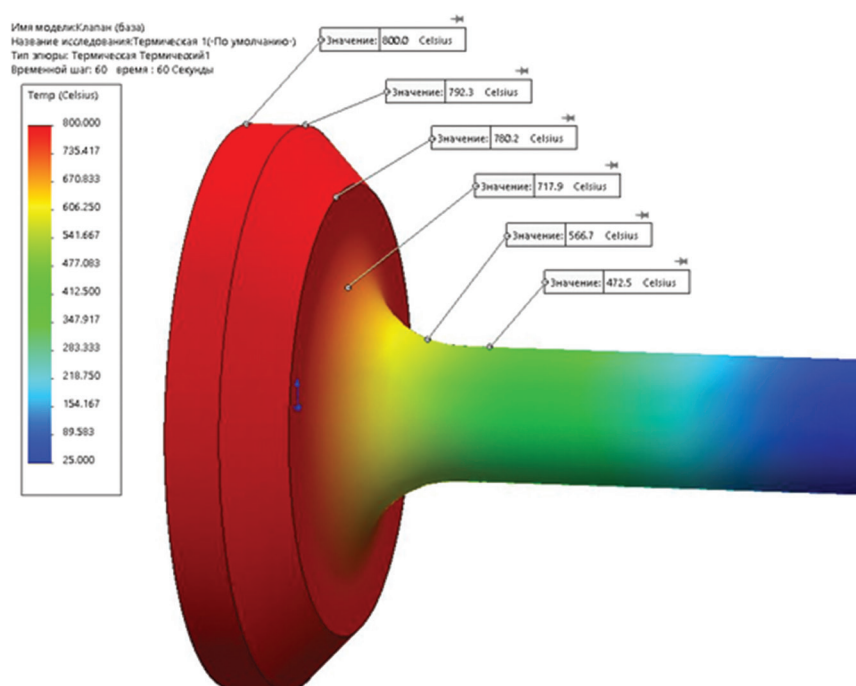


Рис. 3. Моделирование температурного воздействия на измененный клапанный механизм

Результаты

Основные результаты проведенного исследования сведены в таблицу.

Таблица

Сравнительная характеристика температурных показателей в исследуемых контрольных точках

Клапан № 1, t, °C	Клапан № 2, t, °C	Изменение, t, °C	Соотношение, %
800	800	0	0
798,0	792,3	-5,7	-0,72
794,8	780,2	-14,6	-1,87
781,5	717,9	-63,6	-8,86
708,4	566,7	-141,7	-25,00
568,0	472,5	-95,5	-20,21

Обсуждение и выводы

Предполагаемыми качественными объяснениями ожидаемого положительного эффекта на

основе анализа моделирования можно считать снижение теплонагруженности клапанного механизма системы газораспределения за счет подачи охлаждающего агента.

Также стоит отметить, что подача охлаждающего агента непосредственно в камеру сгорания будет происходить преимущественно в такте расширения (рабочего хода), что обусловлено наибольшей тепловой нагрузкой на элементы ДВС, примыкающие к камере сгорания. Агент в газообразной фазе имеет высокую степень теплового расширения, что в свою очередь приводит к увеличению мощностных характеристик и КПД всего двигателя в целом, а также смещает точку детонационной устойчивости в положительную сторону.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о том, что работа имеет свою степень актуальности, но для их уточнения необходимо более полное и глубокое изучение данного вопроса путем проведения натурных экспериментов.

Библиографический список

1. Курасов, В. С. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В. С. Курасов, В. В. Драгуленко, С. М. Сидоренко. – Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет, 2013. – 86 с. – Текст : непосредственный.
2. Huang, X. Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures : Methods and Applications / X. Huang, Y. M. Xie. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2010. – 237 p. – Direct text.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Системы поршневых и комбинированных двигателей : учебник для вузов / С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин [и др.] ; под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1985. – 456 с. – Текст : непосредственный.
4. Конструкция и расчет автотракторных двигателей : учебник для машиностроительных специальностей вузов / М. М. Вихерт, Р. П. Доброгаев, М. И. Ляхов [и др.] ; под ред. Ю. А. Степанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1964. – 552 с. – Текст : непосредственный.
5. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания : теория, моделирование и расчет процессов / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005. – 403 с. – Текст : непосредственный.
6. Поддубный, И. Н. Анализ сталей, применяемых для производства клапанов двигателей автомобилей / И. Н. Поддубный, О. Г. Чернега. – Текст : непосредственный // Вісник СевНТУ. – 2012. – № 134. – С. 158–161.
7. Мотовилин, Г. В. Автомобильные материалы : справочник / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1989. – 463 с. – Текст : непосредственный.

8. Беспятый, Ф. С. Конструкция, основы теории и расчет трактора : учебник для машиностроительных техникумов / Ф. С. Беспятый, И. Ф. Троицкий ; под ред. В. А. Иванова. – 2-е изд. – Москва : Машиностроение, 1972. – 502 с. – Текст : непосредственный.
9. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование : учебник для вузов / В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина, М. Г. Шатрова. – 3-е изд. перераб. – Москва : Высшая школа, 2007. – 400 с. – Текст : непосредственный.
10. Svanberg, K. Topology Optimization by Sequential Integer Linear Programming / K. Svanberg, M. Werme. – DOI:10.1007/1-4020-4752-5_42. – Direct text // IUTAM Symposium on Topological Design Optimization of Structures, Machines and Materials. – 2006. – Vol. 137. – Pp. 425–436.
11. Патент на изобретение № 2740832 Российская Федерация, МПК F02M25/03, F01L3/18. Устройство для термокомпенсации клапанного механизма системы газораспределения с положительным воздействием на характеристики ДВС / № 2020110315 : заявл. 12.03.2020 : опубл. 21.01.2021 / Лоренц А. С. : Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова. – Текст : непосредственный.

References

1. Kurasov, V. S., Dragulenko, V. V., & Sidorenko, S. M. (2013). Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya. Krasnodar, Kuban State Agrarian University Publ., 86 p. (In Russian).
2. Huang, X., & Xie, Y. M. (2010). Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures: Methods and Applications. Hoboken, John Wiley & Sons, 237 p. (In English).
3. Efimov, S. I., Ivashchenko, N. A., Ivin, V. I., Alekseev, V. P., Vyubov, D. N., Grekhov, L. V., ... Chistyakov, V. K. (1985). Dvigateli vnutrennego sgoraniya: Sistemy porshnevnykh i kombinirovannykh dvigateley. 3rd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 456 p. (In Russian).
4. Vikhert, M. M., Dobrogaev, R. P., Lyakhov, M. I., Pavlov, A. V., Solov'ev, M. P., Stepanov, Yu. A., & Suvorov, V. G. (1964). Konstruktsiya i raschet avtotraktornykh dvigateley. 2nd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 552 p. (In Russian).
5. Sharoglazov, B. A., Farafontov, M. F., & Klement'ev, V. V. (2005). Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya, modelirovanie i raschet protsessov. Chelyabinsk, South Ural State University Publ., 403 p. (In Russian).
6. Piddubniy, I., & Cherneta, O. (2012). Analysis of steels are applied for production of engines's valves of automobiles. Visnik SevNTU, (134), pp. 158-161. (In Russian).
7. Motovilin, G. V., Masino, M. A., & Suvorov, O. M. (1989). Avtomobil'nye materialy. 3rd edition, revised. Moscow, Transport Publ., 463 p. (In Russian).
8. Bespyatyy, F. S., & Troitskiy, I. F. (1972). Konstruktsiya, osnovy teorii i raschet traktora. 2nd edition, revised. Moscow, Mashinostroenie Publ., 502 p. (In Russian).
9. Lukanin, V. N., Alekseev, I. V., Shatrov, M. G., Pavlov, A. V., Gorshkov, Yu. V., Nazarov, N. I., ... Sinyavskiy, V. V. (2007). Dvigateli vnutrennego sgoraniya. V 3 kn. Kn. 2. Dinamika i konstruirovanie. 3rd edition, revised. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 400 p. (In Russian).
10. Svanberg, K., & Werme, M. (2006). Topology Optimization by Sequential Integer Linear Programming. IUTAM Symposium on Topological Design Optimization of Structures, Machines and Materials, (137), pp. 425-436. (In English). DOI: 10.1007/1-4020-4752-5_42
11. Lorents, A. S. Ustroystvo dlya termokompensatsii klapanogo mekhanizma sistemy gazoraspredeleniya s polozhitel'nym vozdeystviem na kharakteristiki DVS. Patent na izobretenie 2740832 RF, MPK F02M25/03, F01L3/18. No 2020110315. Applied: 12.03.2020. Published: 21.01.2021. (In Russian).

Сведения об авторе

Лоренц Анатолий Сергеевич, к. т. н., доцент кафедры инжиниринга транспортно-технологических средств и оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, e-mail: a.lorents@narfu.ru

Information about the author

Anatoly S. Lorents, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering of Transport and Technological Means and Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, e-mail: a.lorents@narfu.ru

Для цитирования: Лоренц, А. С. Улучшение эксплуатационных свойств ГРМ тепловых ДВС / А. С. Лоренц. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-83-89. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 4. – С. 83–89.

For citation: Lorents, A. S. (2021). Improving of operating properties of the gas distributing mechanism of internal combustion engine. Architecture, construction, transport, (4), pp. 83-89. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-4-83-89.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ РУКОПИСИ

1. К предоставляемой рукописи должны быть приложены следующие документы:

- сопроводительное письмо автора на имя главного редактора журнала, подтверждающее, что статья нигде ранее не была опубликована;
- экспертное заключение организации, откуда исходит рукопись, о возможности открытого опубликования.

В случае принятия положительного решения о публикации рукописи в журнале автор должен предоставить в редакцию подписанный вариант рукописи (или ее скан).

2. Все поступающие в редакцию журнала рукописи статьи проходят проверку на наличие заимствований. Статьи, содержащие менее 75 % оригинального текста, в журнале не публикуются (проверка уникальности текста осуществляется без учета метаданных и библиографического списка).

3. Рукописи, соответствующие тематике журнала, проходят процедуру двойного слепого рецензирования с целью их экспертной оценки. Рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

4. Технические требования к тексту.

Формат файлов для текста – Microsoft Word (*.docx). Название файла должно включать фамилию и инициалы автора статьи (например: Иванов_ИИ.docx). Статьи, содержащие формулы, помимо word-файла необходимо продублировать pdf-файлом во избежание искажения формул, которые следует набирать в MathType 4.0 Equation.

Объем статьи – не менее 5 и не более 15 страниц (не включая библиографический список). Размер шрифта 12 пт (Times New Roman), межстрочный интервал одинарный, абзац 0,5 см. Поля страниц: верхнее 20 мм, нижнее 20 мм, левое 20 мм, правое 20 мм.

Все графические объекты должны быть предоставлены отдельными файлами: один рисунок – один файл графического формата. Растровые рисунки (фото) предоставляются в формате JPG с разрешением не менее 300 dpi. Каждый рисунок должен быть помещен в текст и сопровождаться нумерованной подрисунковой подписью. Ссылки на рисунки в тексте обязательны.

Таблицы следует помещать в текст статьи, они должны иметь нумерацию, заголовок и четко обозначенные графы, удобные и понятные для чтения. Ссылки на таблицы в тексте обязательны.

Объем иллюстративных материалов (таблиц и графических материалов) не должен превышать 1/3 общего объема рукописи.

Библиографический список (не менее 10 источников) должен содержать ссылки на актуальные научные работы отечественных и зарубежных специалистов. Объем самоцитирования – не более 30 % от общего числа ссылок.

Нумерация использованных источников в списке дается в порядке последовательности ссылок. На все источники должны быть ссылки в тексте статьи в квадратных скобках. В списке не должно быть «неавторизованных» источников (СП, СНиПов, ГОСТов и т. п.) – на них ссылки даются непосредственно в тексте статьи.

Библиографический список на русском языке должен быть оформлен согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018.

5. Рукопись статьи должна включать:

- индекс УДК;
- название статьи на русском языке;
- инициалы и фамилию автора на русском языке (если авторов несколько, они работают в разных организациях, то после фамилии ставится верхний индекс (1, 2 и т.д.), соответствующий органи-

зации, откуда исходит рукопись, указанной ниже под тем же номером, следом необходимо указать город и страну. Если автор один или все авторы работают в одной организации, то индексы не ставятся);

- аннотация на русском языке (общий объем аннотации – не более 500 знаков);
- ключевые слова на русском языке (до 10 слов и (или) словосочетаний);

Пункты 2–5 необходимо продублировать ниже на английском языке

- основной текст статьи на языке оригинала;
- библиографический список на русском языке;
- сведения об авторах (Information about the authors): полные Ф.И.О., должность, ученая степень, звание, место работы, телефон, e-mail – на русском и английском языках.

6. Структура основного текста статьи должна включать следующие рубрики, согласно стандарту IMRAD: введение, объект и методы исследования, экспериментальная часть/постановка эксперимента, результаты, обсуждение, выводы, приложения.

- **Введение.** Включает актуальность исследования, обзор литературы по теме исследования, постановку проблемы, формулирование цели и задач исследования.
- **Объект и методы исследования.** Данный раздел включает детальное описание методов и схемы экспериментов/наблюдений, позволяющих воспроизвести их результаты, пользуясь только текстом статьи; материалы, приборы, оборудование и другие условия проведения экспериментов/наблюдений.
- **Экспериментальная часть/постановка эксперимента.** Необязательный раздел. Может включать подробную информацию о стадиях реализации эксперимента, включающую графические материалы для наиболее полного раскрытия методики и условий проведения опытов.
- **Результаты.** Результаты рекомендуется представлять преимущественно в виде таблиц, графиков и иных наглядных формах. Этот раздел включает анализ полученных результатов, их интерпретацию, сравнение с результатами других авторов.
- **Обсуждение.** Содержит интерпретацию полученных результатов исследования; ограничения исследования и обобщения его результатов; предложения по практическому применению; предложения по направлению будущих исследований.
- **Выводы.** Подводятся итоги научного исследования. Заключение содержит выводы, кратко формулирующие основные научные результаты статьи. Выводы должны логически соответствовать поставленным в начале статьи задачам, содержать краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в них.
- **Приложения.** Необязательный раздел. Может включать информацию о грантовой поддержке, при которой было реализовано исследование, а также содержать благодарности в адрес других ученых и/или предприятий, оказавших содействие в реализации исследования.

7. Рукопись, допущенная к публикации, проходит принятый редакцией процесс допечатной подготовки, включающий редактирование, корректуру, верстку.

8. Исправленные статьи авторам не предоставляются. Рукописи, не удовлетворяющие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются и авторам не возвращаются.

9. Плата за опубликование рукописей **не взимается**.

Перепечатка материалов или их фрагментов возможна только с письменного разрешения редакции. Ссылка на научно-информационный журнал «Архитектура, строительство, транспорт» **обязательна!**

MANUSCRIPT PREPARATION GUIDELINES

1. The following documents must be attached to the submitted manuscript:
 - a cover letter from the author addressed to the editor-in-chief of the journal, confirming that the article has not been published anywhere else;
 - expert evaluation of the organization where the manuscript comes from on the possibility of open publication.

If a positive decision is made to publish the manuscript in the journal, the author must submit to the editor a signed version of the manuscript (or its scan).

2. All manuscripts submitted to the journal are checked for plagiarism. Articles containing less than 75% of the original text are not accepted for publication in the journal (verification of the uniqueness of the text is carried out without taking into account metadata and bibliographic list).

3. Manuscripts corresponding to the subject matter of the journal undergo a double-blind peer review procedure for the purpose of their expert evaluation. The reviewers are recognized experts in the subject matter of the reviewed material. The reviews are kept in the editorial office for 5 years.

4. Article format requirements

The file format for the text is Microsoft Word (*.docx). The file name must include the surname and initials of the author of the article (for example Ivanov_AA.doc) Articles containing formulas, in addition to the word file, must be duplicated with a pdf file in order to avoid distorting the formulas that should be typed in MathType 4.0 Equation.

The article should be no less than 5 and no more than 15 pages (not including the reference list). Use 12 pt Times New Roman, single line spacing, paragraph 0.5 cm. Page margins: top 20 mm, bottom 20 mm, left 20 mm, right 20 mm.

All graphic objects must be submitted in separate files: one figure – one graphic format file. Raster images (photos) are submitted in JPG format with a resolution of at least 300 dpi. Each figure should be placed in the text and accompanied by a numbered figure caption. References to figures in the text are required.

Tables should be placed in the text of the article, they should have a numbering, heading and clearly marked columns, convenient and easy to read. References to tables in the text are required.

The volume of illustrative materials (tables and graphic materials) should not exceed 1/3 of the total volume of the manuscript.

The list of references (at least 10 sources) should contain links to current scientific works of national and foreign specialists. Self-citations should not exceed 30 % of the total number of links.

The numbering of the sources used in the list is given in the order of the sequence of references. All sources should be referenced in the text of the article in square brackets. The list should not contain "unauthorized" sources (SP, SNIps, GOSTs, etc.) – links to them are given directly in the text of the article.

The list of references in Russian must be drawn up in accordance with GOST R 7.0.100–2018 (in English – with APA 6th Edition).

5. The manuscript of the article should include:

- UDC index;
- title of the article;
- initials and surname of the author (if there are several authors, and they work in different organizations, then a superscript (¹, ², etc.) is put after the surname, corresponding to the organization which the

manuscript comes from, indicated below under the same number, followed by the city and country. If there is one author or all authors work in one organization, then the superscripts are not used);

- abstract (no more than 500 characters);
- key words (up to 10 words and (or) phrases);
- main text of the article in the original language;
- references;
- information about the authors: full name, position, academic degree, title, place of work, telephone, e-mail.

6. The structure of the main body of the article should include the following sections, according to the IMRAD structure: introduction, object and methods of research, experimental part/experiment, results, discussion, conclusions, applications.

- **Introduction.** It includes the relevance of the research, literature review on the research topic, problem statement, formulation of the goal and objectives of the research.
- **Object and methods** of research. This section includes a detailed description of the methods and schemes of experiments/observations that make it possible to reproduce their results using only the text of the article, as well as materials, devices, equipment, and other conditions for conducting experiments/observations.
- **Experimental part/experiment.** It is an optional section. It may include detailed information about the stages of the experiment, including graphic materials for the most complete disclosure of the methodology and conditions of the experiment.
- **Results.** It is recommended to present the results mainly in the form of tables, graphs, and other visual forms. This section includes the analysis of the results obtained, their interpretation, comparison with the results of other authors.
- **Discussion.** It contains the interpretation of the obtained research results, limitations of research and generalization of its results, suggestions for practical application, suggestions for future research.
- **Conclusions.** Here the results of the research are summed up. Conclusions summarize the main scientific results of the article. Conclusions should logically correspond to the objectives set at the beginning of the article, contain brief summaries of the sections of the article without repeating the formulations given in them.
- **Applications.** It is an optional section. It may include information about grant support under which the research was carried out, and also gratitude to other scientists and/or enterprises who contributed to the implementation of the research.

7. The manuscript, admitted for publication, goes through the prepress process adopted by the editors, including editing, proofreading, and layout.

8. Corrected articles will not be provided to authors. Manuscripts that do not meet the listed requirements will not be accepted for consideration and will not be returned to authors.

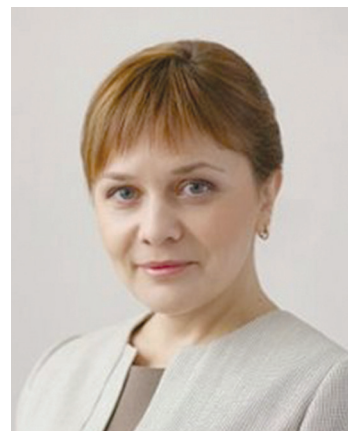
9. There is no fee for the publication of manuscripts.

Reprinting of materials or their fragments is possible only with the written permission of the publisher.

A link to the scientific and reference journal "Архитектура, строител'ство, транспорт" ["Architecture, Construction, Transport"] **is required!**

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ: ОБЪЕДИНЯЯ УСИЛИЯ

**The Department of Engineering Systems
and Structures: joining efforts**



*О. В. Сидоренко,
заведующая кафедрой
инженерных систем
и сооружений ТИУ*

В 2021 году в Строительном институте Тюменского индустриального университета в результате объединения двух кафедр – водоснабжения и водоотведения, а также теплогазоснабжения и вентиляции – была создана кафедра инженерных систем и сооружений. О реализуемых на ее базе профилях обучения, научных задачах, стоящих перед молодыми и уже опытными сотрудниками кафедры и ее выпускниками, взаимодействии с профильными компаниями региона мы поговорили с заведующей кафедрой, кандидатом технических наук, доцентом Ольгой Владимировной Сидоренко.

– Ольга Владимировна, в этом году в Строительном институте появилась новая (условно!) кафедра. Расскажите, пожалуйста, немного о ней.

– В первую очередь необходимо сказать, что она образована на базе двух кафедр с большой историей, которые ранее самостоятельно развивали свои научные направления и успели достичь на этом пути определенных результатов. Продолжим ли мы дальше двигаться параллель-

но друг с другом или благодаря слиянию создадим что-то новое, запустим перспективные направления подготовки, покажет время.

– Какие направления реализуются на кафедре в настоящее время?

– Мы готовим специалистов ступени бакалавриата по профилям «Водоснабжение и водоотведение», «Теплогазоснабжение и вентиляция» (очная и заочная формы). Ведем набор на магистерские программы. Две из них реализуются в очном формате. Это «Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий», на эту программу в 2021 году был набор 11 человек, и «Системы теплогазоснабжения и вентиляции, энергоаудит», куда поступило 13 ребят. На базе Института дополнительного образования дистанционно осуществляется подготовка по профилю «Системы теплогазоснабжения и вентиляции».

– Магистратура дает возможность студенту более глубоко погрузиться в выбранное направление подготовки либо поменять его. К Вам в магистратуру поступают преимущественно выпускники кафедры?

– Правильнее будет сказать – выпускники вуза разных профилей подготовки, преимущественно – строители. Для ребят с других кафедр мы стараемся найти темы, так или иначе связанные с их специальностью. Допустим, автодорожника можно сориентировать на решение проблем отведения поверхностных стоков с территорий: автозаправок, дорожных покрытий и т. д. Выпускника ПСК (производство строительных материалов, изделий и конструкций – *прим. ред.*), который хорошо знаком со спецификой и особенностями производственных процессов комбинатов строительных материалов, – на разработку технологической схемы подготовки воды. Деятельность любого предприятия связана с водой, и это очень важно. Есть системы, где требуется подготовка воды для конкретного производства. Таким образом, знания ребят, полученные ими ранее, помогают нам найти новые интересные темы для исследований на стыке различных дисциплин.

Также к нам в магистратуру приходят специалисты с различных производств, не имеющие профильного образования, но сталкивающиеся в своей профессиональной деятельности с вопросами водоснабжения и водоотведения, теплогоснабжения, кондиционирования или вентиляции. Для них мы тоже стараемся подобрать темы, связанные с их производственными задачами.

Ежегодно к нам поступают от 2 до 5 человек из «Тюмень Водоканала». Совместно с этой компанией мы реализуем программу сотрудничества, в рамках которой наши преподаватели проводят ознакомительные лекции для тех, кто планирует пойти учиться. Ребятам, которые получили образование давно, в других вузах или на других направлениях подготовки, поступить непросто. Учиться, конечно, им тоже нелегко. Взять, к примеру, специалистов с экономическим образованием, по работе сталкивающихся с техническими вопросами. Чтобы понять, что они, собственно, «считают», познакомиться со специфической терминологией, они идут получать дополнительное образование. Не у всех получается дойти до конца, но даже в таком случае им становится легче работать. В целом надо сказать, что в магистратуру, как правило, приходят люди семейные, состоявшиеся в профессиональном

плане, и им сложнее выкроить время на учебу, хотя они очень стараются, а мы со своей стороны делаем все возможное, чтобы им помочь.

– Назовите, пожалуйста, темы, над которыми работают магистранты.

– Например, инновационные системы водоснабжения или водоотведения в особых условиях. Или – проектирование систем сбора и очистки поверхностных стоков. Проблемами дождевой канализации занимаются не первый год и, поверьте, эта тема будет актуальна еще долгие годы. Другой, тоже неисчерпаемый блок вопросов связан с разработкой технологий утилизации осадков природных и сточных вод. К слову, один из наших аспирантов занимался извлечением из них ценных материалов.

Далее – энергоресурсы и энергосбережение в системах водоснабжения и водоотведения. На одной из недавних лекций представитель «Водоканала» на примере повысительных насосных станций, которых в городе огромное количество, показал, что даже небольшое снижение потребления энергии при их эксплуатации дает серьезный экономический эффект. В целом энергосбережение – это важная задача по сохранению природных ресурсов.

А с учетом того, что страна взяла курс на повсеместное применение BIM-технологий в строительной отрасли, и с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели для всех объектов госзаказа станет обязательным, мы не могли упустить из виду и эту серьезную тему.

Что касается направления ТГВ, то стоит сказать о проводимых магистрантами исследованиях акустического воздействия инженерного оборудования зданий и сооружений на жителей. Для большого города, в котором ведется высотное строительство, шум и вибрации, вызываемые крышными котельными, являются настоящей проблемой. Головной болью современных горожан становятся и супермаркеты, расположенные на первых этажах жилых зданий. Кафедра проводит экспертизы, выдает заключения и привлекает к данной работе магистрантов.

Кроме того, сегодня внимание многих ученых приковано к Арктике, эта развивающаяся

ЛЮДИ, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ/PEOPLE, EVENTS, FACTS



территория интересна и нашим ученым-исследователям. Как сохранить в домах тепло, как подвести и отвести воду от зданий и сооружений – настоящие вопросы, над которыми нужно работать.

Еще одна важная тема – анализ эффективности работы технического оборудования систем тепло- и газоснабжения. Наши магистранты прорабатывают мероприятия, которые помогли бы избежать негативных эффектов от работы такого

оборудования (шума и вибраций, взрывов газа и неэффективных производственных процессов, наконец, экологического вреда и многого другого) или сократить их.

В учебных лабораториях кафедры можно смоделировать различные технические процессы, например, работу систем теплоснабжения и отопления, различные варианты работы вентиляционного оборудования. В лаборатории качества воды, поверхностных и сточных вод – определить их основные показатели, в лаборатории газоснабжения мы можем познакомить студентов с полным рабочим циклом систем газоснабжения, а вот использовать газ в учебных целях запрещено. В климатической камере научной лаборатории теплоснабжения есть возможность смоделировать процессы тепло- и влагообмена в ограждающих конструкциях, в ней могут работать только сотрудники, прошедшие специальное обучение. В основном здесь проводят научные эксперименты аспиранты под контролем заведующего лабораторией или магистранты в присутствии научных руководителей.

– Как Вы считаете, сегодня модно заниматься наукой?

– Думаю, да, только не всем это под силу. Одного желания мало. Ребятам, способным к научной деятельности, со второго курса бакалавриата начинаем готовить к магистратуре. Привлекаем к работе над научно-исследовательскими проектами. Они помогают магистрантам, аспирантам, преподавателям и, если им удастся достичь каких-то видимых результатов – опубликовать научную статью, успешно выступить на конференции, – начинают чувствовать себя настоящими научными сотрудниками.

– Многие из них потом идут в аспирантуру?

– В аспирантуру многие пойти не могут. Все же аспиранты – это штучные «специалисты». В этом году у нас поступило по одному человеку на каждое направление.

Большой плюс в том, что в университете есть свой объединенный диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по научным

специальностям «Основания и фундаменты, подземные сооружения» и «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение». По последней в России осталось всего пять диссертационных советов, поэтому к нам приезжают защищаться аспиранты из других городов России. И наши ученые, занимающиеся исследованиями в смежных областях, находят такие междисциплинарные темы, по которым они могут защититься в родном вузе. Например, Юрий Андреевич Иванюшин, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Наталья Анатольевна Литвинова, профессор кафедры техносферной безопасности, Валентина Викторовна Фомина, доцент кафедры бизнес-информатики и математики, защищались по направлению ТГВ. На стыке различных дисциплин всегда можно сделать что-то интересное.

– Какие проблемы современного мира предстоит решить Вашим будущим выпускникам и как Вы, специалист по воде, оцениваете ситуацию с водными ресурсами?

– Проблемы есть всегда, но они не остаются без внимания, и радует, что в той или иной мере их стараются решить.

На сегодняшний день особое государственное значение имеют вопросы, связанные с обеспечением населения чистой питьевой водой. Если в мегаполисах эта проблема в определенной степени решена, то многие малые населенные пункты по-прежнему остаются без центрального водоснабжения. И раз уж эта задача в приоритете, то и решать ее предстоит нашим магистрантам.

Еще один серьезный вопрос – очистка сточных вод. Рост населения, увеличивающиеся объемы промышленного производства обязывают нас задуматься о правильной и эффективной очистке и утилизации отходов, а значит, о здоровье населения и экологическом состоянии окружающей среды.

На решение многих современных проблем направлены так называемые зеленые технологии. Профессор кафедры Анастасия Александровна Кадысева со своими магистрантами занимается вопросами интеграции таких технологий в сферу жилищно-коммунального хозяйства.

В настоящее время кафедра работает над серьезным и масштабным проектом «Устойчивое водоснабжение в сложном климате» для Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра. Одна из его основных задач – создание инновационного кластера в сфере водоснабжения и водоотведения. Если проект станет победителем, то можно будет говорить о создании профильной научной лаборатории с натурным полигоном, где мы сможем проводить полноценные исследования. Это существенно расширит наши возможности и позволит выйти на более качественный уровень сотрудничества с предприятиями.

Конечно, кафедра и сегодня тесно работает с производителями. Мы исследовали качество производственных сточных вод ПК «Молоко», для Ямала разрабатывали научно обоснованные рекомендации по применению комплекса технологического оборудования в блочно-модульном исполнении для очистки хозяйственно-бытовых стоков. Недавно они снова вышли с



ЛЮДИ, СОБЫТИЯ, ФАКТЫ/PEOPLE, EVENTS, FACTS

нами на связь с предложением продолжить сотрудничество. Для ООО «Комбинат строительных материалов» мы сейчас разрабатываем систему оборотного водоснабжения.

Также у наших бакалавров есть возможность побывать на производственных площадках компаний-партнеров. Мы тесно сотрудничаем с ООО «Тюмень Водоканал», работаем с Уралосибирской теплоэнергетической компанией, АО «СУЭНКО», ООО «Кванта +», ПАО «Фортум», ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, Департаментом ЖКХ, Главным управлением строительства области и другими компаниями и структурами. Во всех этих организациях работают наши выпускники. Некоторые предприятия регулярно принимают участие в ежегодном профориентационном мероприятии, так как заинтересованы в том, чтобы к ним пришли лучшие кадры.

Производственники участвуют в работе государственной экзаменационной комиссии, помогают студентам организовать прохождение практики, проводят для них ознакомительные лекции. И, как я уже сказала, они нередко обращаются к нам за консультационной помощью и при необходимости помогают в проведении некоторых исследований.

– Лучшим показателем успешности кафедры являются достижения ее преподавателей и студентов. Расскажите о тех, которые, на Ваш взгляд, заслуживают внимания.

– Первое, о чем стоит сказать, это победы наших преподавателей в вузовском конкурсе «Педагог года». В копилке достижений кафедры – первое и второе места в номинации «Доцент», третье место в номинации «Старший преподаватель». Через год планируем подать заявку в номинации «Профессор». Среди преподавателей кафедры есть призеры всероссийского конкурса «Золотые имена высшей школы». Наши ученые стараются участвовать во всех конкурсах и всегда показывают хорошие результаты.

Более 20 лет кафедра проводит на базе университета конференцию с международным участием, посвященную проблемам водных ресурсов, и наши магистранты обязательно в ней участвуют. Совместно с институтом сервиса и отраслевого управления проводим международную конференцию «Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды», ведь комфортная городская среда невозможна без качественной работы инженерных систем. Мероприятий на самом деле очень много.

Если говорить о студентах, то одно из последних достижений ребят – победа в межвузовском конкурсе студенческих команд на выполнение проекта на тему «Технологическая схема подготовки воды с утилизацией продуктов очистки», который прошел в рамках X Международной научно-технической конференции «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». Эта победа ценна еще и тем, что мы отправили на конкурс не магистров, как это сделали другие вузы, а бакалавров четвертого курса. Считаю, это очень показательный результат.

– Как Вы считаете, что движет абитуриентами, которые выбирают профессию строителя?

– Многие идут по стопам родителей, продолжая семейную династию. Это, безусловно, престижная профессия, которая позволяет обеспечить свое будущее и будущее семьи. Наконец, ими движет желание принести пользу, ведь строители – это созидатели, результаты труда которых всегда на виду. Гуляя по городу, мы можем радоваться обустроенным территориям и красивым зданиям. И если жители не задумываются о том, как в этих домах появляются вода, свет, тепло, чувствуют себя комфортно, значит, строители выполнили свою работу качественно. Мне кажется, это самая лучшая профессия.

Фото из архива ТИУ

Подписной индекс журнала "Архитектура, строительство, транспорт"
в объединенном каталоге «Пресса России» 79619 (www.pressa-rf.ru)

