

ISSN ONLINE 2782-1919

**УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION



**Том 2
Специальный
выпуск**

**4
2021**

**VOL. 2
ISSUE 4**

SPECIAL EDITION

ИЗДАНИЕ ЯРОСЛАВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 2020 года, выходит 4 раза в год

**Том 2
Вып. 4**

Ярославль 2021

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор:	С.В. ФЕДОСОВ (акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва)
Заместители главного редактора:	А.А. ИГНАТЬЕВ (к.т.н., доц., Ярославль) П.Б. РАЗГОВОРОВ (д.т.н., проф., Ярославль)
Ответственный секретарь:	Е.С. ЕГОРОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.А. АБДЫКАЛЫКОВ (д.т.н., проф., Кыргызстан, Бишкек), П.А. АКИМОВ (ученый секретарь Президиума РААСН, акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва), В.В. БЕЛОВ (советник РААСН, д.т.н., проф., Тверь), А.М. БЕЛОСТОЦКИЙ (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Москва), Н.И. ВАТИН (советник РААСН, д.т.н., проф., Санкт-Петербург), В.М. ГОТОВЦЕВ (д.т.н., проф., Ярославль), А.В. ЗАХАРОВ (советник РААСН, к. архитектуры, проф., Иваново), А.Б. КАПРАНОВА (д.ф.-м.н., проф., Ярославль), В.И. КОЛЧУНОВ (академик РААСН, д.т.н., проф., Курск), В.Г. КОТЛОВ (советник РААСН, к.т.н., проф., Йошкар-Ола), Н.Н. КУДРЯШОВ (к. архитектуры, проф., Ярославль), А.Е. ЛЕБЕДЕВ (д.т.н., доц., Ярославль), С.Н. ЛЕОНОВИЧ (иностраннный акад. РААСН, д.т.н., проф., Республика Беларусь, Минск), В.Л. МОНДРУС (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Москва), А.И. МОХОВ (акад. РАЕН, д.т.н., проф., Москва), П.И. ПОСПЕЛОВ (д.т.н., проф., Москва), Ю.В. ПУХАРЕНКО (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Санкт-Петербург, Россия), С.П. РУДОБАШТА (д.т.н., проф., Москва), В.Е. РУМЯНЦЕВА (советник РААСН, д.т.н., проф., Иваново), В.П. СЕЛЯЕВ (акад. РААСН, д.т.н., проф., Саранск), М.Ю. ТАРШИС (д.т.н., доц., Ярославль), В.И. ТРАВУШ (вице-президент РААСН, акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва), А.А. ТРЕЩЕВ (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Тула), В.Н. ФЕДОСЕЕВ (д.т.н., проф., Иваново), Г.А. ФОМЕНКО (акад. РАЕН, д.г.н., проф., Ярославль), RADIVOJE MITROVIĆ (д.т.н., проф., Республика Сербия, Белград)

Учредитель	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет»
Адрес редакции	150023, г. Ярославль, Московский проспект, 88
Телефон	+7 (4852) 44-03-67
E-mail	ignatyevaa@ystu.ru
Электронный адрес	http://comincon.ru

Журнал издается при содействии Российской Академии архитектуры и строительных наук

Редакторы:	М.А. Канакотина, Л.С. Кокина, В.Б. Доронина
Англ. перевод:	А.А. Игнатъев
Компьютерная верстка:	Е.С. Егоров
Корректор:	О.А. Юрасова
Зарегистрирован	27 Ноября 2020 (Свидетельство Эл № ФС 77 - 79733)
Периодичность:	4 раза в год
Подписка и распространение	Свободный доступ

YAROSLAVL STATE TECHNICAL UNIVERSITY

SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION

SPECIAL EDITION

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Established in November 2020, published quarterly

Volume 2

Issue 4

Yaroslavl 2021

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:	S.V. FEDOSOV (Acad. RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow)
Deputy Editors-in-Chief:	A.A. IGNATYEV (c.en.s., doc., Yaroslavl) P.B. RAZGOVOROV (d.en.s, prof., Yaroslavl)
Executive secretary:	E.S. EGOROV

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

A.A. ABDYKALYKOV (d.en.s., prof., Kyrgyzstan, Bishkek), P.A. AKIMOV (acad. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), V.V. BELOV (adv. RAACS, d.en.s, prof., Tver), A.M. BELOSTOTSKIY (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), N.I. Vatin (adv. RAACS, d.en.s., prof., Saint-Petersburg, Russia), V.M. GOTOVTSEV (d.en.s, prof., Yaroslavl), A.V. ZAKHAROV (adv. RAACS, c. arch., prof. Ivanovo), A.B. KAPRANOVA (d. physic. and math. sciences, prof., Yaroslavl), V.I. KOLCHUNOV (acad. RAACS, d.en.c, prof., Kursk), V.G. KOTLOV (adv. RACS, c.en.s, prof., Yoshkar-Ola), N.N. KUDRYASHOV (c.arch, prof., Yaroslavl), A.E. LEBEDEV (d.en.s., doc., Yaroslavl), S.N. LEONOVICH (for. acad. RAACS, d.en.s, prof., Belarus, Minsk), V.L. MONDRUS (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), A.I. MOKHOV (acad. RANS, d.en.s., prof., Moscow), P.I. POSPELOV (d.en.s, prof., Moscow), Yu.V. PUKHARENKO (corr. memb. RAACS, d.en.s, prof., Saint-Petersburg, Russia), S.P. RUDOBASHTA (d.en.s., prof., Moscow), V.E. RUMYANTSEVA (adv. RAACS, d.en.s., prof., Ivanovo), V.P. SELYAEV (acad. RAACS, d.en.s., prof., Saransk), M.Yu. TARSHIS (d.en.s., doc., Yaroslavl), V.I. TRAVUSH (Vice Pres. RAACS, acad. RAACS, d.en.s., prof. Moscow), A.A. TRESHCHEV (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Tula), V.N. FEDOSEEV (d.en.s., prof., Ivanovo), G.A. FOMENKO (acad. RANS, d.geogr.s, prof., Yaroslavl), RADIVOJE MITROVIĆ (PhD en.s., prof., Serbia, Belgrade)

Founder:	Federal State Budgetary Educational Institution Of Higher Education "Yaroslavl State Technical University"
Editorial office address	88, Moskovsky Prosp., Yaroslavl, 150023, Russia
Telephone	+7 (4852) 44-03-67
E-mail	ignatyevaa@ystu.ru
Website	http://comincon.ru

Published with the assistance of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

Editors:	M.A. Kanakotina, L.S. Kokina, V.B. Doronina
English translator:	A.A. Ignatyev
Layout designer:	E.S. Egorov
Proofreader:	O.A. Yurasova
Registration	27 November 2020 (Certificate EL No FS 77 - 79733)
Frequency:	Quarterly
Subscription and distribution	Open Access



СОДЕРЖАНИЕ

<i>Мохов А.И., Степанова Е.О., Лукашов А.И., Мохова Л.А.</i> Моделирование направлений научных исследований в строительстве современного университета: часть 2.....	7
<i>Федосов С.В., Федосеев В.Н., Логинова С.А., Зайцева И.А.</i> Ориентировочный расчет теоретического цикла парокомпрессионного фреонового контура воздушного теплового насоса	24
<i>Гоглев И.Н.</i> Новый перспективный метод выявления карбонизации железобетонных строительных конструкций в практике обследований	35
<i>Верлока И.И., Капранова А.Б., Стенько Д.В., Лебедев А.Е., Ватагин А.А.</i> Экспериментальное исследование качества продукции в гравитационном аппарате для смешивания сыпучих материалов.....	46
<i>Калинин А.В., Разговоров П.Б., Игнатьев А.А.</i> Применение гальваношлямов в составе пигментной части одноупаковочной силикатной краски	62
<i>Бессонов Д.М., Бессонов М.Д.</i> Эффективный модификатор асфальтобетонов на основе пластиковых отходов.	74
<i>Кудряшов Н.Н.</i> Современные архитипы исторической среды в процессе её реконструкции	84
<i>Исаева Н.А., Покровская М.Ю., Аксенова К.С., Разговоров П.Б.</i> Особенности формирования пешеходных туристических маршрутов в исторических центрах приволжских городов (на примере города Юрьевец Ивановской области).....	95



CONTENTS

<i>Mokhov A.I., Stepanova E.O., Lukashov A.I., Mokhova L.A.</i> Modeling the research direction in the construction of a modern university: part 2.	7
<i>Fedosov, S.V., Fedoseev, V.N., Loginova, S.A., Zaitseva, I.A.</i> Approximate calculation of a theoretical cycle of a vapor-compression freon loop in an air heat pump	24
<i>Goglev I.N.</i> A new promising method for detecting carbonization of reinforced concrete building structures during inspection	35
<i>Verloka I.I., Kapranova A.B., Stenko D.V., Lebedev A.E., Vatagin A.A.</i> Experimental study product quality in gravity device for mixing bulk materials.....	46
<i>Kalinin A.V., Razgovorov P.B., Ignatyev A.A.</i> Application of electroplating slams in the pigment part of a single-pack silicate paint.....	62
<i>Bessonov, D.V., Bessonov, M.D.</i> Effective asphalt concrete modifier based on plastic waste	74
<i>Kudryashov N.N.</i> Modern archetypes of the historical environment during its reconstruction	84
<i>Isaeva N.A., Pokrovskaya M.Yu., Aksyonova K.S., Razgovorov P.B.</i> Walking routes and their origins in historic centers of Volga towns (on the example of Yuryevets, Ivanovo Region)	95



УДК 711.001.891

Моделирование направлений научных исследований в строительстве современного университета: часть 2

А.И. Мохов¹, Е.О. Степанова², А.И. Лукашов², Л.А. Мохова³

Андрей Игоревич Мохов

¹Кафедра автоматизации и электроснабжения, Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

E-mail: andrey.i.mokhov55@gmail.com

Елена Олеговна Степанова

²Ректор, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: stepanovaao@ystu.ru

Андрей Иванович Лукашов

²Многопрофильный центр инжиниринга и технологии «Полигон ЯГТУ», Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: lukashovai@ystu.ru

Лариса Александровна Мохова

³Учебно-методическое управление, Российский новый университет, Москва, Российская Федерация

E-mail: mokhova.larisa@gmail.com



Во второй части статьи приведен результат анализа применения инфографических моделей, разработанных в первой части этой статьи, к программе научных исследований Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ). Примененный подход к созданию стратегии ЯГТУ можно определить как комплексный, поскольку при ее реализации была изменена логика системного подхода и осуществлен кросс-дисциплинарный переход к альтернативным научным исследованиям, обеспечившим переустройство стратегии для целей устойчивого развития Университета. Статья содержит описание особенностей применения комплексотехники к формированию проектов научных исследований ЯГТУ в направлениях производства и эксплуатации объектов исследования в соответствующих этим направлениям областях технологий производства и эксплуатации найденных решений. В данной статье показано, что комплексный подход расширяет возможности в выборе направлений использования инновационных научно-технических и организационных разработок, созданных и создаваемых в результате научно-исследовательской деятельности Университета.

Ключевые слова: инновации, научно-исследовательская деятельность университета, комплексотехника, производственная кооперация эксплуатационная кооперация, социальная направленность проекта

Для цитирования:

Мохов А.И., Степанова Е.О., Лукашов А.И., Мохова Л.А. Моделирование направлений научных исследований в строительстве современного университета: часть 2. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 7-23 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_7



Modeling the research direction in the construction of a modern university: part 2

A.I. Mokhov¹, E.O. Stepanova², A.I. Lukashov², L.A. Mokhova³

Andrey I. Mokhov

¹Department of Automation and Power Supply, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

E-mail: andrey.i.mokhov55@gmail.com

Elena O. Stepanova

²Rektor, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: stepanovaeo@ystu.ru

Andrey I. Lukashov

²Multidisciplinary Center of Engineering and Technology «YSTU Polygon», Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: lukashovai@ystu.ru

Larisa A. Mokhova

³Educational and Methodological Department, Russian New University, Moscow, Russia

E-mail: mokhova.larisa@gmail.com



The second part of the article presents the result of the analysis of the application of infographic models developed in the first part of this article to the research program of the Yaroslavl State Technical University (YSTU). The applied approach to the creation of the YSTU strategy can be defined as comprehensive, since during its implementation the logic of the systematic approach was changed and a cross-disciplinary transition to alternative scientific research was carried out, which ensured the restructuring of the strategy for the sustainable development of the University. The article contains a description of the features of the application of complex engineering to the formation of research projects of YSTU in the areas of production and operation of research objects in the areas of production technologies and operation of the solutions found corresponding to these areas. This article shows that an integrated approach expands the possibilities in choosing the directions of using innovative scientific, technical and organizational developments created and created as a result of the scientific and research activities of the University.

Key words: innovations, research activity of the university, complex engineering, production cooperation, operational cooperation, social orientation of the project

For citation:

Mokhov A.I., Stepanova E.O., Lukashov A.I., Mokhova L.A. Modeling the research direction in the construction of a modern university: part 2. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 7-23 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_7



ВВЕДЕНИЕ

Во второй части статьи «Моделирование направлений научных исследований в строительстве современного университета» рассмотрены возможности применения моделей, разработанных в первой части статьи [1], в практической деятельности конкретного вуза – Ярославского государственного технического университета (ЯГТУ)¹.

Отметим, что в рыночной экономике для университетов актуальной целью формирования стратегии развития становится повышение конкурентоспособности как самого университета, так и его выпускников. Актуальность создания такой стратегии связана также с миссией университета – с обеспечением роста образования населения, с повышением уровня интеллектуального капитала (интеллектуализацией) территории, на которой расположен университет (Степанова Е.О. Интервью на открытии форума SMART BUILD-2020 «СТРОЙКА ПОЛИТЕХА» Ярославль. 21-22 мая 2021 г.).

Выбор университетом направлений научно-исследовательской деятельности связан с рядом критериев, основными из которых являются:

- сложившаяся и планируемая к развитию система уровней образования, направлений подготовки, направленности (профилей), основных профессиональных образовательных программ, определяющих стратегию обеспечения научными кадрами настоящих и будущих направлений научных исследований;

- сложившиеся и перспективные научные школы университетов;
- задел по научным исследованиям, сформированный к настоящему времени;
- сложившиеся и международные научные и образовательные связи;
- связи с представителями работодателей и связи с выпускниками;
- творческая поисковая активность сотрудников.

При формировании стратегии научно-исследовательской деятельности Университета в качестве основных были выбраны следующие области исследования:

1. «Материалы и технологии»;
2. «Цифровые системы и технологии»;
3. «Урбанистика (архитектура, «умные среды»)»;
4. «Инженерный и промышленный дизайн».

В качестве направлений исследований в этих областях были определены:

1.1. «Разработка научных основ синтеза мономеров различного назначения и модификация полимерных наполненных материалов»;

1.2. «Разработка технологий получения новых биологически активных соединений и компонентов лекарственных субстанций, а также методов синтеза материалов для фотодинамической терапии онкологических заболеваний и лечения нейродегенеративных расстройств»;

1.3. «Разработка технологий получения новых биологически активных соединений и компонентов лекарственных субстанций»;

1.4. «Разработка новых эффективных химических средств защиты сельскохозяйственных растений»;

¹ Далее - Университет



1.5. «Материалы, полупродукты и катализаторы органического и нефтехимического синтеза, сопровождающие процессы превращений производных ароматических и олефиновых углеводородов»;

1.6. «Разработка технологий использования и комплексной утилизации техногенных отходов химических, нефтехимических и гальванических производств»;

1.7. «Модифицирующие и пластифицирующие добавки для битума и получение вспомогательных веществ для производства асфальтобетонных смесей»;

1.8. «Механохимическое получение тонкодисперсных оксидных порошков для композиционных и специальных материалов»;

1.9. «Научное обоснование, совершенствование технологий и освоение химико-технологических процессов и аппаратов для переработки твердых и жидких сред промышленных предприятий России и охраны от пылевых и газовых выбросов».

2.1. «Цифровизация процессов контактных и бесконтактных измерений, высокоточного 3D-сканирования и печати в технологиях строительного производства и машиностроения»;

2.2. «Технологии компьютерно-интегрированных информационных систем для повышения эффективности конструкторско-технологической подготовки производства»;

2.3. «Научные основы создания и опытного исследования новых конструкций двигателей внутреннего сгорания, рабочих внутрицилиндровых процессов и компонентов систем»;

2.4. «Трансформация бизнес-идей на базе Digital-маркетинга и нейронных технологий».

3.1. «Совершенствование технологий и оборудования для уплотнения дорожно-строительных материалов и разрушения строительных композитов»;

3.2. «Разработка роботов и систем технического зрения в сфере машиностроения, обслуживания инженерных коммуникаций, строительства и дизайна»;

3.3. «Разработка современных систем производства и потребления энергии и комплектов малогабаритных строительных машин на объектах коммунального хозяйства»;

3.4. «Моделирование процессов и научно-техническое сопровождение на всех стадиях жизненного цикла безопасных железобетонных каркасных и крупнопанельных зданий и сооружений»;

3.5. «Методические и проектно-экспериментальные аспекты реконструкции и регенерации исторической среды»;

3.6. «Научно-практические основы формирования жилых зданий и сооружений на базе принципов «зеленого строительства»;

4.1. «Разработка новых противокоррозионных и защитно-декоративных материалов и покрытий»;

4.2. «Теории и методологии в промышленном дизайне с применением стратегии архитектурно-художественного развития».

В перечисленных направлениях исследований были определены приоритетные проекты научно-исследовательской деятельности Университета. При формулировании тем проектов авторы стратегии исходили из целевых установок создания научного обоснования производства инновационной продукции в традиционной для данной области исследования сфере производства. На рис. 1 приведена инфографическая модель, характерная для такого (системного) подхода к построению исследований. Подход предполагает разработку научно-



исследовательского продукта «для себя», создание конкретного товара (услуги) и поиском потребителя на созданный продукт организатором проекта, в лице которого выступает Университет. Для такого подхода характерным является создание организатором производственной кооперации. В состав такой кооперации, в применении к области исследования 3 «Урбанистика (архитектура, «умные среды»)), были включены следующие предприятия и организации (партнеры): «Главверхневолжскстрой» (Ярославль), Совет по экологическому строительству (Москва), Союз строителей ЯО, Союз дизайнеров РФ.

Реализация программы научных исследований Университета была начата в 2020-2021 годах, и ее результаты были представлены на проводимых Университетом ежегодных научно-практических форумах «SMART BUILD-2020» и «SMART BUILD-2021» в сентябре 2020 года и в мае 2021 года соответственно.

При этом форум рассматривался и рассматривается организаторами как коммуникационное обеспечение складывающейся производственной кооперации научно-исследовательских деятельностей участников, ориентированное на формирование устойчивых связей внутри кооперации предприятий, не позволяющих созданному объединению распасться, за счет постоянного уточнения общей цели и стратегии ее достижения всеми участниками.



Рис. 1. Инфографическая модель научно-исследовательской деятельности Университета в области исследования 3 «Урбанистика (архитектура, «умные среды»))»

Fig. 1. Infographic model of the University's research activities in the field of research 3 «Urbanism (Architecture and «Smart environments»))»



Приведем названия секций форума 2020 года:

- Современные цифровые технологии и решение задач градостроительства и объёмного наполнения архитектурного пространства;
- Прогрессивные строительные конструкции, методы их моделирования, проектирования и расчёта;
- Мировые тенденции повышения экологичности и энергоэффективности строительного производства;
- Композиционные строительные материалы, физико-химические, технологические и экономические аспекты их создания;
- Новые технические решения и оборудование при организации дорожного строительства, машиностроения, железнодорожного и автомобильного транспорта.

Круглые столы по секциям имели следующую тематику:

- Архитектура в современном пространстве: теоретические воззрения, теория и практика;
- Строительные конструкции настоящего и будущего;
- Строительство и экология: стратегия, тактика и риски;
- Инновационные строительные материалы и вопросы их стандартизации;
- Дорожное строительство: инженерное благоустройство и защита территорий;
- Железнодорожный и автомобильный транспорт третьего тысячелетия.

Темы секций форума 2021 года имели следующую направленность:

Секция 1. Прогрессивные строительные конструкции, методы их моделирования, проектирования и расчёта.

Секция 2. Композиционные материалы: физико-химические, технические, экономические и экологические аспекты их создания и практического применения.

Секция 3. Перспективные транспортные средства. Новые технические решения при организации дорожного строительства.

Новые аспекты в организации форума 2021 года:

1. Название секции «Новые технические решения и оборудование при организации дорожного строительства, машиностроения, железнодорожного и автомобильного транспорта форума «SMART BUILD-2020» заменено на название «Перспективные транспортные средства. Новые технические решения при организации дорожного строительства».

2. Убраны секции:

- Современные цифровые технологии и решение задач градостроительства и объёмного наполнения архитектурного пространства;
- Мировые тенденции повышения экологичности и энергоэффективности строительного производства.

3. Круглые столы по секциям не предусмотрены.

4. Предусмотрена выставка и демонстрация практического применения результатов разработок секции «Перспективные транспортные средства. Новые технические решения при организации дорожного строительства»².

² Демонстрационные заезды спортивных болидов: кордовые модели, дрифтеры, драгстеры, мотоциклы, реплики, исторические автомобили, современные грузовики (РЦ «Автодизель»), «Формулы Студент» московских и ярославских команд, родстер «Крым» 2-го и 3-го поколения, формула «ЛеМан-24».



Заметим, что организаторы форума, формируя его повестку, изменили логику системного подхода и осуществили кросс-дисциплинарный переход к альтернативным научным исследованиям, обеспечившим переустройство стратегии для целей устойчивого развития Университета.


Рассмотрим на основе вносимых изменений в формирование проектов научных исследований Университета особенности применения комплексотехники в направлениях производства и эксплуатации объектов исследования в соответствующих этим направлениям областях исследования технологий производства и эксплуатации найденных решений.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КООПЕРАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УНИВЕРСИТЕТА




Инфографическая модель цикла исследования (рис. 2) была перенесена из первой части статьи [1]³. В отличие от изображения на рис. 2 внесено изменение, включившее разделение цикла исследования на производственную и эксплуатационную фазы, обозначенные надписями, выполненными наклонным шрифтом. Такое изменение представляется важным для дальнейших рассуждений. По мнению авторов, производственную фазу реализует «производственная кооперация» исследователей, а эксплуатационную фазу исследования, соответственно, осуществляет «эксплуатационная кооперация» исследователей⁴.

Приведенная на рисунке инфографическая модель позволяет уточнить особенности выбора направлений исследований в современном университете (Мохов А.И. Современный университет как основа интеллектуального кластера для комплексного решения проблем строительства и экономики Российской Федерации. Доклад на форуме SMART BUILD-2020 «СТРОЙКА ПОЛИТЕХА». Ярославль, 21-22 мая 2021 г.; Мохов А.И. Комплексотехнический подход в актуальных направлениях работы университетов. Доклад на форуме SMART BUILD-2020 «СТРОЙКА ПОЛИТЕХА». Ярославль, 21-22 мая 2021 г.).

В частности, практическая реализация производственной фазы современного исследования осуществляется обычно не одним исследователем (разработчиком и поставщиком результатов исследований), а производственной кооперацией исследователей, обозначенной

на рисунке фигурой  1, 2, ..., k, где 1, 2, ..., k – группа участников производственной кооперации⁵.

Соответственно, потребители эксплуатационной фазы исследований, обозначенные на

рисунке фигурами   1, 2, ..., k () будут отнесены к эксплуатационной кооперации⁶.

³ В работе [1] рис. 1 имеет название «Инфографическая модель цикла исследования».

⁴ Кооперация по определению – это системное объединение физических и/или юридических лиц, основанное на договоренности о совместной деятельности. Совместность деятельности определяется достигаемым общим результатом, общим местом и временем проведения работ.

⁵ При этом количество участников в группе определяется полнотой решаемых задач исследования.

⁶ Количество участников в данной кооперации исследователей неограниченно во времени, но полнота этой группы определяется для сформированной потребности каждого цикла исследования отдельно.



Рис. 2. Инфографическая модель цикла исследования с разделением на производственную и эксплуатационную фазы результата исследования

Fig. 2. Infographic model of the research cycle with the division into production and operational phases of the research result

Производственная кооперация – это не только экономическая категория. Экономическая составляющая существенна для любой производственной кооперации, поскольку она является базисом, как ее формирования, так и ее существования, но одного экономического компонента недостаточно для характеристики деятельности производственной кооперации. Необходимой предпосылкой формирования производственной кооперации по отношению к производственному заказу (проекту), является наличие специфики состава участников и организации, системы социальных коммуникаций, опыта совместного выполнения работ, единых культурных и ценностных особенностей.

Определение производственной кооперации, характеризует этот вид кооперации как целостную социальную систему, обладающую всеми признаками социума. Эта система имеет единую структуру, основным субъектом и объектом управления которой является человек, входящий в социальные общности и вступающий в социальные отношения с другими людьми. Производственная кооперация в целом обладает самоуправляющимся механизмом, элементы которого взаимосвязаны, взаимозависимы и дополнены механизмом внешнего регулирования.

Если обобщить все определения, то можно выделить, что производственная кооперация – это целостная система со своей структурой, функциями, связями с внешней средой, историей, культурой, договоренностями. Главными характеристиками системы являются количественный состав; устойчивость функционирования; большое количество взаимосвязанных участников различных специальностей с локальными целями.



Заметим, что производственные кооперации, возникающие на основе реализации инвестиционных проектов на территориях, складываются за счет объединения предприятий в технологическую цепочку.

На рис. 3 приведена инфографическая модель такого объединения предприятий в производственную кооперацию.

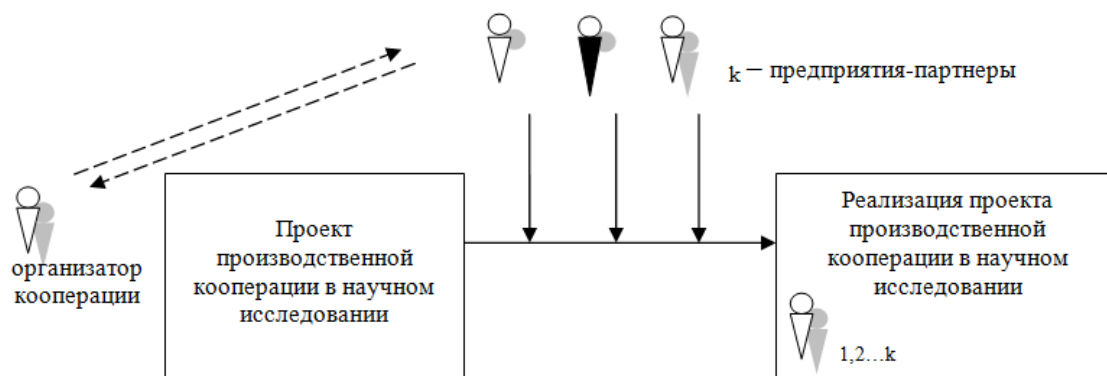


Рис. 3. Инфографическая модель системного объединения предприятий в производственную кооперацию

Fig. 3. Infographic model of the research cycle with the division into production

На приведенном рисунке двойной пунктирной стрелкой показаны коммуникации предприятий-партнеров, обеспечивающие договоренности между ними по согласованию общих целей совместного научного исследования и общего видения результата исследования⁷. Сплошные стрелки фиксируют направление передачи ресурса предприятий (в том числе, произведенной продукции) в практическую деятельность кооперации предприятий.

Организационный проект кооперации позволяет координировать деятельность каждого участника созданного объединения в рамках общего плана проведения исследовательских работ. Слаженность работы предприятий в кооперации определяется убежденностью в достижении общей цели. Мотивацией для всех участников проекта кооперации в проведении совместного исследования может стать ресурс, получаемый от внедрения результата исследования в практическую деятельность производственной кооперации.

Предприятия (и организации) участвующие в научно-исследовательской деятельности Университета могут входить в кооперацию с ним не только в рамках реализации одного проекта исследования, но, даже участвовать в нескольких направлениях и областях исследований. Так, например, АО «Объединение «Ярославские краски» участвует в двух областях исследования Университета, АО «Ярдормост» – в двух направлениях одной области исследования и т.д.

При этом созданная кооперация не ограничивает задействованности⁸ её предприятия-участника в других кооперативных исследовательских объединениях.

⁷ Традиционно общее видение результата исследования совпадает с видением организатора кооперации, составляющего технологическую цепочку предприятий-соисполнителей проекта кооперации. На рис. 3 общее видение показано одинаковым представлением верхней части фигур, обозначающих деятельность предприятий в составе кооперации.

⁸ Если обратное не оговорено в соглашении с организатором кооперации.



На рис. 4 приведена инфографическая модель комплексного объединения предприятий в производственную кооперацию. Так же, как и на рис. 3, стрелки на основе сплошной линии фиксируют направление передачи ресурса предприятий (в том числе произведенной продукции) в практическую деятельность кооперации предприятий. Стрелки на основе пунктирной линии обозначают коммуникационные связи участников производственной кооперации. Двойной контур отделяет ресурсы предприятий, отданные в совместную производственную деятельность, от ресурсов каждого предприятия, направленных на «собственные» нужды, в том числе на организацию собственных проектов производственной кооперации.

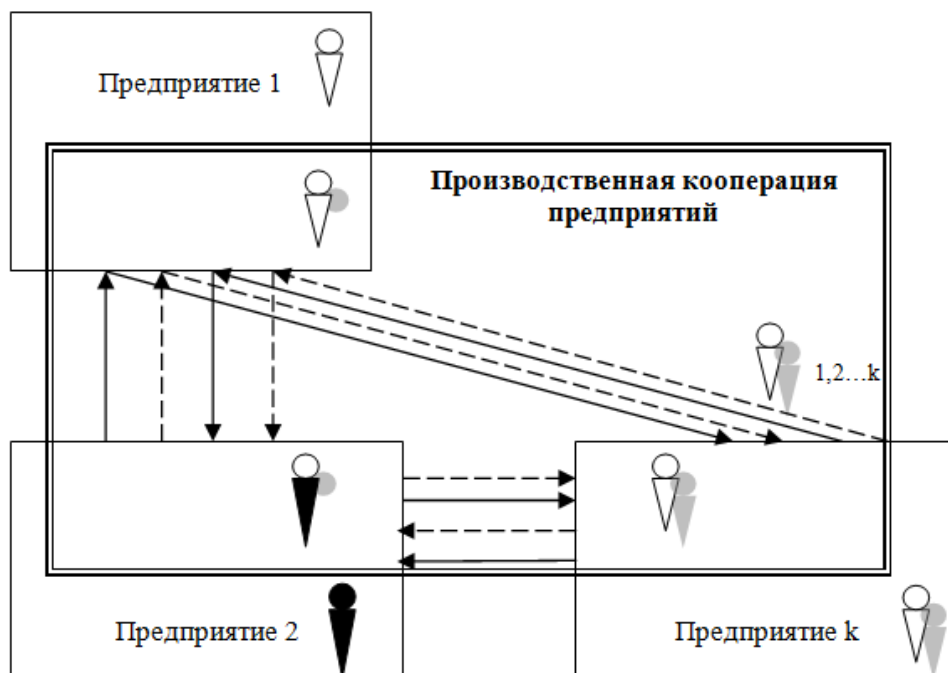


Рис. 4. Инфографическая модель комплексного объединения предприятий в производственную кооперацию исследования

Fig. 4. Infographic model of the research cycle with the division into production

Из рисунка видно, что каждое предприятие находится в комплексном объединении, причем их объединение осуществляется в той части, которая относится к сфере общих интересов предприятий. Таким «общим интересом» может выступать, например, участие в совместном научно-исследовательском проекте. Именно в этой части осуществляемых видов деятельности предприятиями создается производственная кооперация. Причем формируемая кооперация предполагает разработку и применение собственных правил осуществления совместной деятельности предприятий.

Коммуникативное обеспечение производственной кооперации способствует формированию устойчивой позитивной ее репутации и установлению крепких и доверительных отношений между предприятиями в нее входящими, а также между ней и потребителями продукции, создаваемой производственной кооперацией. Устойчивое функционирование предприятия в составе производственной кооперации будет зависеть от налаженной коммуникации «внутри» кооперации. При этом каждое предприятие, входящее в производственную кооперацию, решает свою задачу устойчивого функционирования на рынке выпускаемой им собственной продукции. Такое двойственное положение предприятия на рынке требует в процессе его



деятельности различать цели и миссию функционирования, что определяет содержание внутренних и внешних задач его коммуникативного обеспечения.

Рассмотрим эксплуатационную кооперацию исследований Университета, обеспечивающую успешность реализации его производственной кооперации.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ КООПЕРАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УНИВЕРСИТЕТА

На рис. 5 приведена инфографическая модель комплексного объединения предприятий в производственную кооперацию с учетом задействования альтернативных «исполнительских» возможностей предприятий-партнеров для предприятия – организатора кооперации. Пунктирные стрелки представляют собой обмен информацией об альтернативных возможностях участников в развитии организационных возможностей производственной кооперации. Двойным контуром производственная кооперация отделена от эксплуатационной кооперации. Контур на основе пунктирной линии дополняет производственную кооперацию научно-исследовательской деятельности предприятий-партнеров их эксплуатационной кооперацией.

Примером использования альтернативных возможностей предприятий-партнеров Университета может служить ситуация, сложившаяся в реализации направления исследования 3.6. «Научно-практические основы формирования жилых зданий и сооружений на базе принципов «зеленого строительства». Так, показанная на рис. 1 инфографическая модель научно-исследовательской деятельности Университета в области исследования 3 «Урбанистика (архитектура, «умные среды»)», с проектом исследования «Научно-практические основы формирования жилых зданий и сооружений на базе принципов «зеленого строительства» может успешно функционировать за счет возникновения в названной области еще одного организатора актуальных проектов. В качестве такого организатора выступил при поддержке правительства России и Министра РФ институт развития АО «ДОМ.РФ» в лице его генерального директора В.Л. Мутко⁹.

На форуме «Среда для жизни» в Нижнем Новгороде 26 августа 2021 года В.Л. Мутко заявил, что АО «ДОМ.РФ» рассмотрит возможность выдачи «зеленых кредитов» для строителей, для чего создаст рабочую группу, которая займется «зелеными стандартами». При наличии проекта формирования производственной кооперации исследования, включающей Университет, «Главверхневолжскстрой» (Ярославль), Совет по экологическому строительству (Москва), Союз строителей ЯО, Союз дизайнеров РФ, обеспечение представительства Университета в рабочей группе «ДОМ.РУ» представляется реальным. Более того, становится возможным соответствующее финансирование вышеназванного проекта исследования Университета, для создания на основе этой разработки методики экспертизы «зеленого инвестирования». Еще одним аспектом интереса «ДОМ.РУ» к производственной кооперации исследований, организованной Университетом, может стать опыт мирового применения «зеленых» стандартов, доступ к которому имеет партнер Университета - Совет по экологическому строительству (Москва) - за счет членства в международной организации «Всемирный совет по экологическому строительству» (World GBS).

⁹ Выступление генерального директора АО «ДОМ.РФ» В.Л. Мутко на форуме «Среда для жизни».
URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/12230547>

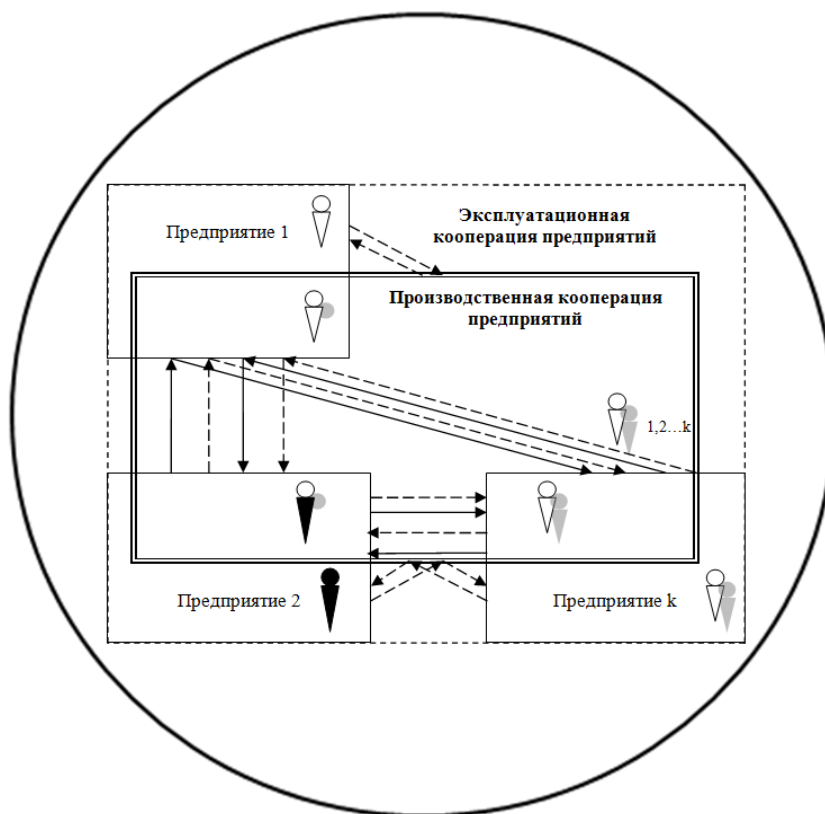


Рис. 5. Комплексное объединение предприятий в производственную и эксплуатационную кооперации

Fig. 5. Infographic model of the research cycle with the division into production and exploitation cooperation

Приведенный пример позволяет определить эксплуатационную кооперацию научных исследований как добровольное объединение юридических лиц, организованное по принципу объединения их возможностей для реализации результатов научно-исследовательских работ¹⁰.

Заметим также, что разделение кооперации исследования на «производственную» и «эксплуатационную» имеет аналогию в сфере технических систем, где разделение свойства «технологичности» устройств на производственную и эксплуатационную составляющие определяет эффективность производства и эксплуатации устройства соответственно.

Рассмотрим на примере работы секции 3 «Перспективные транспортные средства. Новые технические решения при организации дорожного строительства» форума «SMART BUILD-2021» 21 мая 2021 года, как формируют эксплуатационную кооперацию предприятий по отношению к производственной кооперации исследования в Университете.

В качестве кросс-дисциплинарной (прикладной) области исследования была выбрана объекты транспортной отрасли. Основой выбора стал тот факт, что транспорт является одним из ведущих полигонов развития рыночных механизмов, так как ориентирован на большое число разных потребителей. Наличие спроса и предложения формирует несколько взаимосвязанных транспортных рынков. Рынок «транспортной продукции» характеризуется в настоящее время значительной потребностью в обновленных, современных транспортных средствах, так же большим спросом пользуются переустройство и реконструкция существующих, достройка и ремонт транспортных магистралей. При этом на рынке «транспортной продукции»

¹⁰ Термин «эксплуатационная кооперация» вводится впервые – замечание авторов.



значительное внимание уделяется повышению качества этой продукции. Рынок транспортных услуг представлен в настоящее время существенным количеством конкурирующих между собой предприятий и организаций различных форм собственности. Причем основным аргументом в этой борьбе играет эффективность используемой транспортной технологии.

На рис. 6 приведена инфографическая модель создания направления исследования Университета в эксплуатационной кооперации, полученного за счет проецирования области исследования 3 на область исследования.

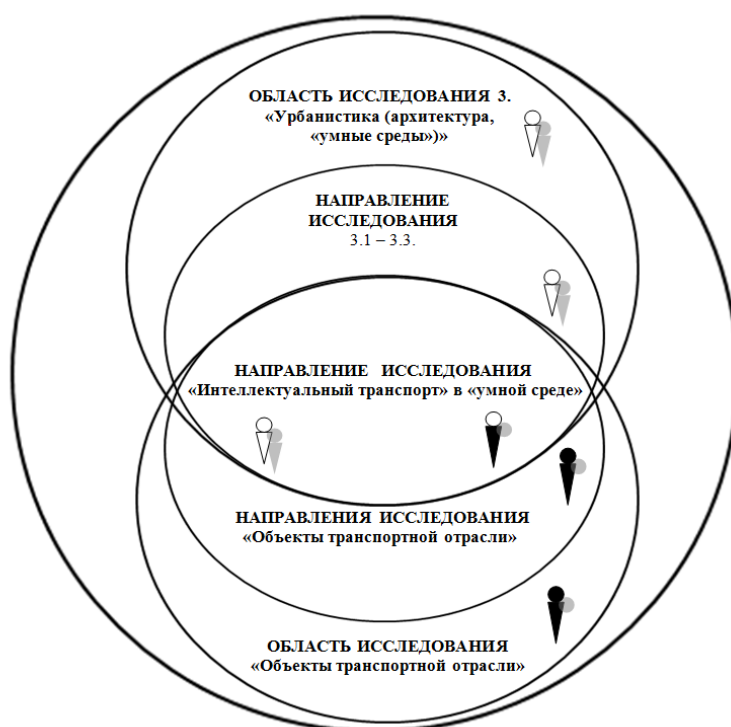


Рис. 6. Инфографическая модель создания направления исследования Университета в эксплуатационной кооперации, полученного за счет проецирования области исследования 3

на область исследования привлеченных в кооперацию предприятий-участников

Fig. 6. An infographic model of the creation of the University's research direction in operational cooperation, obtained by projecting the research area 3 onto the research area of the participating enterprises involved in the cooperation

Реализация эксплуатационной кооперации была осуществлена Университетом в процессе проведения заседания секции 3 «Перспективные транспортные средства. Новые технические решения при организации дорожного строительства» форума «SMART BUILD-2021» 21 мая 2021 года, где выступили приглашенные представители МПУ (Москва), МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва), ИВГПУ (Иваново) в совместных докладах с представителями Университета. Тем самым организаторы форума, формируя его повестку, изменили логику системного подхода и осуществили кросс-дисциплинарный переход к альтернативным научным исследованиям, обеспечившим переустройство стратегии для целей устойчивого развития Университета¹¹.

¹¹ Заметим, что научная направленность секции 3 форума «SMART BUILD-2021» в силу своего организационно-проектировочного содержания, «вписалось» в новое исследовательское направление номенклатуры ВАК с шифром 5.12.4



На рис. 7 приведено комплексное объединение предприятий в эксплуатационную кооперацию.

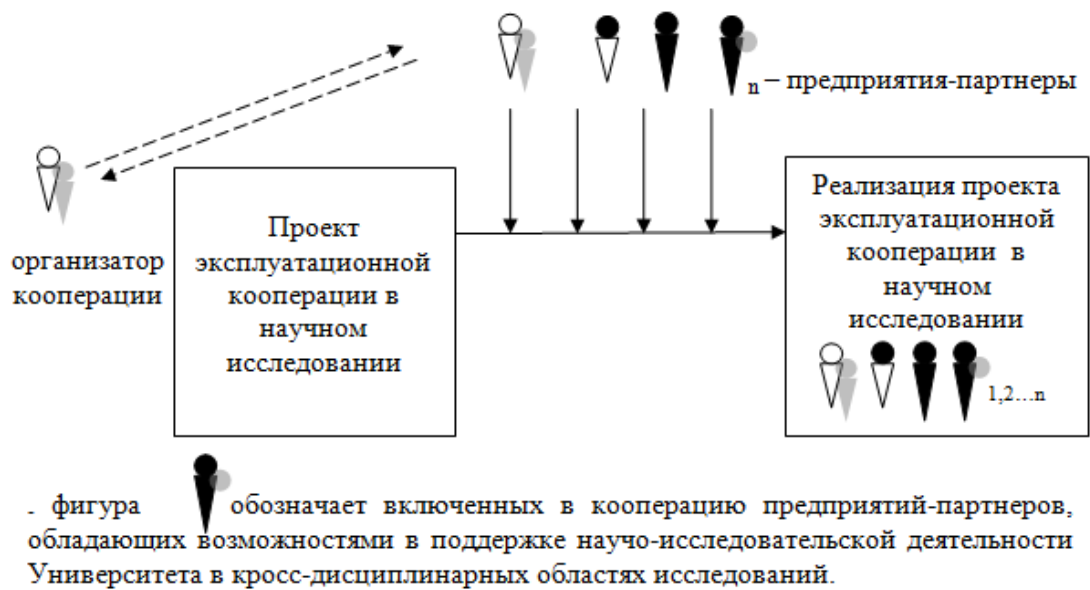


Рис. 7. Комплексное объединение предприятий в эксплуатационную кооперацию

Fig. 7. Complex integration of enterprises into operational cooperation

В заключение отметим, что ускорившаяся в последнее время динамика изменений в приоритетах научных исследований требует постоянного мониторинга актуальности научных направлений исследований Университета. Так, направление исследований «Мировые тенденции повышения экологичности и энергоэффективности строительного производства», исключенное из повестки форума «SMART BUILD-2021», в настоящее время приобрело значительную международную поддержку в связи с курсом ЕС на реализацию «Зеленого пакта» – стратегический фундаментальный инструмент для ЕС, устанавливающий основные задачи для развития экономики к 2050 году. Пакт призван осуществить декарбонизацию фонда зданий в рамках программы «FIT-FOR-55». В странах ЕС начата работа по изменению Сертификатов энергетической эффективности и составление карт энергетического качества зданий. Полагаем, что это зарождение новой волны организационной поддержки в исследовании феномена энергоэффективности. При такой международной поддержке проекты России по повышению энергоэффективности разработанные ранее, могут быть реализованы в полной мере.

Такой реалистичный прогноз требует при формировании повестки форума «SMART BUILD-2022» предусмотреть проведение секции такой направленности с дальнейшей проработкой проектов Университета, в том числе – создание Центра энергетической компетенции, связанных с повышением энергоэффективности объектов, в том числе - вузов.

Как представляется авторам, значительную помощь в составлении эксплуатационной кооперации научных исследований могут сыграть возможности партнера производственной кооперации области исследования 3 Университета – Совета по экологическому строительству

«Когнитивное моделирование». Все приведенные в статье инфографические модели могут быть отнесены к классу «когнитивных».



(Москва). Уже сейчас в областях исследований университета, направленных на создание эксплуатационной кооперации, имеются направления исследования, где Совет может стать достойным партнером.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мохов А.И., Мохова Л.А.** Моделирование направлений научных исследований в строительстве современного университета: часть 1. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 2. С. 64-74. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/v2n2_2021.

Поступила в редакцию 15.11.2021

Принята к опубликованию 23.11.2021

REFERENCES

1. **Mokhov A.I., Mokhova L.A.** Modeling of research directions in the construction of a modern university: part 1. Smart composite in construction. 2021. V. 2. N 2. P. 64-74 (in Russian). URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/v2n2_2021.

Received 15.11.2021

Accepted 23.11.2021



УДК 62-971.4

Ориентировочный расчет теоретического цикла парокомпрессионного фреонового контура воздушного теплового насоса

С.В. Федосов¹, В.Н. Федосеев², С.А. Логинова³, И.А. Зайцева²

Сергей Викторович Федосов

¹Кафедра технологии вяжущих веществ и бетонов, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Вадим Николаевич Федосеев

²Кафедра организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация

E-mail: 4932421318@mail.ru

Светлана Андреевна Логинова

³Кафедра строительных конструкций, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: sl79066171227@yandex.ru

Ирина Александровна Зайцева

²Кафедра экономики, управления и финансов, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация

E-mail: 75zss@rambler.ru



В целях повышения эффективности эксплуатации воздушного теплового насоса актуальным является анализ термодинамических параметров цикла парокомпрессионного фреонового контура. Для того чтобы оценить все термодинамические процессы в теплохолодильной системе воздушного теплового насоса и произвести расчеты, как правило, используют тепловые диаграммы, разрабатываемые производителями. Авторы предлагают использовать для ориентировочного расчета парокомпрессионного фреонового контура таблицы на линии насыщения и линии перегретого пара рабочего хладагента. В результате расчета теоретического парокомпрессионного цикла были получены значения тепловой энергии, изымаемой рабочим телом в процессе его непрерывного фазового превращения: кипения, испарения, конденсации, которые определялись по точкам состояния энтальпии на соответствующих участках работы элементов ВТН (испаритель, компрессор, конденсатор). Расчеты показали, что при создании тепловой мощности на выходе теплового насоса определяющим параметром является фазовое превращение скрытой теплоты парообразования при кипении и конденсации рабочего тела в замкнутой системе компрессионного цикла.

Ключевые слова: парокомпрессионный цикл, фреоновый контур, энтальпия, воздушный тепловой насос

Для цитирования:

Федосов С.В., Федосеев В.Н., Логинова С.А., Зайцева И.А. Ориентировочный расчет теоретического цикла парокомпрессионного фреонового контура воздушного теплового насоса. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 24-34 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_24



Approximate calculation of a theoretical cycle of a vapor-compression freon loop in an air heat pump

S.V. Fedosov¹, V.N. Fedoseev², S.A. Loginova³, I.A. Zaitseva²

Sergey V. Fedosov

¹Department of Technology of Binders and Concretes, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru

Vadim N. Fedoseev

²Department of Production Management and Municipal Economy, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

E-mail: 4932421318@mail.ru

Svetlana A. Loginova

³Department of Building Structures, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: sl79066171227@yandex.ru

Irina A. Zaytseva

²Department of Economics, Management and Finance, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo

E-mail: 75zss@rambler.ru



To improve the efficiency of using an air heat pump (AHP), it is important to analyze the thermodynamic parameters of the vapor-compression freon loop cycle. To evaluate all thermodynamic processes in the heat recovery system of the air heat pump and to make calculations, experts frequently use heat charts developed by the manufacturers. The authors propose to use tables on saturation line and superheated vapor line of working refrigerant for approximate calculation of vapor-compression freon loop. As a result of calculation of a theoretical vapor-compression cycle, the authors obtained heat energy values taken by the working body during its continuous phase change: boiling, evaporation, condensation, which were determined by the enthalpy state points at the corresponding sections of operation of AHP elements (evaporator, compressor, condenser). Calculations showed that at creating thermal power at the heat pump output, its determining parameter is the phase change of latent heat of vaporization at boiling and condensation of working body in the closed compression cycle system.

Key words: vapor-compression cycle, freon loop, enthalpy, air heat pump

For citation:

Fedosov, S.V., Fedoseev, V.N., Loginova, S.A., Zaitseva, I.A. Approximate calculation of a theoretical cycle of a vapor-compression freon loop in an air heat pump. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 24-34 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_24



INTRODUCTION

The basis of modern research in increasing the energy efficiency of air heat pump (AHP) operation is the analysis and improvement of heat and mass transfers occurring in the thermodynamic cycle of the freon loop. Thermodynamic perfection of the vapor compression cycle to a large extent determines technical, economic and ecological efficiency of AHP. This is especially important when developing innovative environmentally friendly technologies for thermal energy generation [1].

The main advantage of compression-type heat pumps is the great efficiency among the latest heat pumps. Their proportions of received and given energy can reach 1:7 (at feeding 1 kilowatt of electric energy to the heat pump compressor, 7 kilowatts of heat will be extracted from cooled zone) [2, 3]. The operating mode of an AHP changes due to the environment, which, as a consequence, determines its thermal power output.

Heat and mass transfer within thermodynamic processes might intensify by converting different in quality energy flows in the freon loop. Science community actually has no materials on heat exchange that takes into account non-stationarity of processes in working zones of heat pump, and also on non-stationary transfer of thermal energy by mass transfer [3].

To use the heat pump efficiently, both internal and external process conditions should be considered [4]. For example, to calculate heat conversion under real non-equilibrium conditions, one should have knowledge of properties and parameters of working substances in different states.

Freons used for heat transformation in AHP are usually studied by manufacturers at different pressures and temperatures, and their parameters are presented in diagrams or tables [5].

A common idea is that the most common way to calculate the thermodynamic cycles of AHP is to use diagrams of states of working substances:

- diagrams s - T (entropy-temperature);
- diagrams p - V (pressure-specific volume);
- diagrams $i(h)$ - P (enthalpy-pressure) or $i(h)$ - $\lg P$.

The vapor-compression cycle of the refrigeration machine can be calculated without using thermal diagrams [6]. Instead, the calculation may involve tables on the saturation line and superheated vapor line of the refrigeration agent (refrigerant).

For such calculation of heat conversion and evaluation of AHP efficiency, it is required to know the properties and parameters of refrigerants in different states [5]. The thermodynamic and thermophysical characteristics of refrigerants are considered in three aspects: in terms of influence on thermodynamic cycle efficiency, on AHP performance indicators, and on compressor design characteristics.

EXPERIMENT

Calculation of the vapor-compression cycle according to the specified external conditions – parameters of the low-temperature source (ambient air) and the level of the coolant (water) heating – is selected taking into account environmentally safe refrigerants used in AHPs.

The method to calculate the vapor-compression cycle of the freon loop of AHP is based on the transformation (transfer) of heat due to phase transitions of the working substance (freon): liquid – vapor-liquid mixture – gas [7]. These processes of continuous phase change of the working body – boiling, evaporation, condensation – can be determined by the so-called reference points of enthalpy



state at the corresponding sections of operation of the AHP elements (evaporator, compressor, condenser).

For example: on the circuit diagram (Fig. 1), let us represent as points all thermodynamic processes of vapor-compression cycle of evaporation and condensation unit for heat pump A20/W30 with average heat power 7 kW and electric power 1.84 kW [8], where A – ambient air at 20 °C, W – heat carrier in heating circuit, water temperature at 30 °C.

Next, we present the calculation of enthalpies by control points corresponding to certain sections of the cycle.

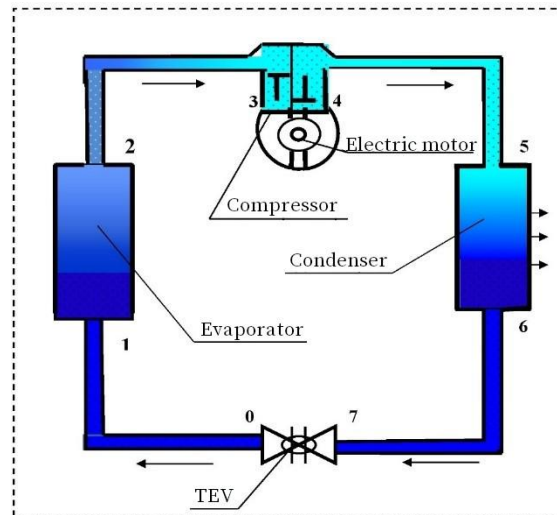


Fig. 1. Circuit diagram of the vapor compression cycle and working sections of the evaporation and condensation unit of the heat pump system

In accordance with ISO/DIS 17584, Table 1 presents thermodynamic index values, which is enthalpy taken on liquid line and saturated vapor line on the working sections of the freon loop vapor-compression cycle [8].

Table 1. Enthalpy values on the line of saturation and superheated vapor line, kJ/kg [8]

Freon	h_1	h_2	h_3
R22	249.81	416.69	452.3
R32	275.9	514.3	560
R134A	265	413	445
R404A	262.7	387.2	420
R407C	272	425	465
R410A	270.4	436.2	470
R507A	260.4	383.1	420

Table 1 shows that the highest heat transfer (h_2) will be observed at section 3-4. This happens because of the processes of irreversibility inside the compressor [9]. The enthalpy increase in it is greater than in the ideal cycle, and this, in turn, leads to an increase in temperature and pressure.

In reference tables of thermodynamic properties [5, 10], enthalpy values are given because enthalpy as an auxiliary function in thermodynamic calculations is how heat is supplied in heat exchangers (evaporator, condenser) at constant pressure.



RESULTS

To study the cycle, it is convenient to start at the point where the refrigerant is in a slightly supercooled liquid state. This is because the location of this point tends to vary little regardless of the various modifications to the main cycle.

Control point 1 of section 0-1 (liquid phase) – the liquid refrigerant at the evaporator entrance displaced through the throttling device (TEV – thermostatic expansion valve).

The amount of useful energy withdrawn from the environment (air) from the initial cold circuit and required to transform into vapor the liquid obtained at the inlet to the evaporator and the freon loop line (q_1), is

$$q_1 = h_2 - h_1. \quad (1)$$

Section 1-2. The liquid remaining in the evaporator boils at a pressure close to atmospheric pressure with temperature $t_2 = +5$ °C. It then evaporates in a «cold» heat exchanger, absorbing heat and therefore cooling the medium, which has a higher temperature than the boiling point for this pressure, taking away the heat of vaporization. The design of the evaporator has a decisive influence on the freon boiling. With most of the gas being evacuated by the compressor, the pressure does not rise.

Section 2-3. The gas refrigerant from the evaporator with temperature $t_2 = +5$ °C is sucked in by the compressor.

Reference point at section 3-4 (gas). Then the compressor, pumping out the gas refrigerant, compresses it adiabatically with temperature increase up $t_3 = +40$ °C and higher with much higher pressure $P_2 = 15-17$ bars [12].

The compressor exerts force over freon when compressing, which according to the first law of thermodynamics increases thermal energy of freon flow circulating in an AHP loop.

According to the second law of thermodynamics, energy transfer in the heat pump cycle continues under the influence of mechanical and electrical energy of the compressor drive, which uses electrical energy to compress the gas refrigerant, resulting in increased pressure and temperature of the refrigerant.

The heat dissipation from the compressor motor can be calculated using the formula

$$Q_{\text{motor}} = N(1 - \eta)/\eta, \text{ kW}, \quad (2)$$

where N – motor power, kW; η – efficiency.

During heat exchange between the working body and the compressor, the amount of energy released by our compressor with an electric motor power of 1.84 kW is

$$Q_{\text{motor}} = 1.84 \cdot (1 - 0.8)/0.8 = 0.46 \text{ kW}.$$

Heat dissipation from the compressor can be calculated according to the Bitzer recommendations [13].

The amount of energy used for compression, received at the compressor outlet from the freon loop (q_2), is

$$q_2 = h_3 - h_2. \quad (3)$$



Section 4-5. The compressor forces the gas into the condenser where it condenses at a high constant pressure and a high operating temperature from $t_3 = +40$ °C to $t_3 = +50$ °C, giving the heat energy to the heat transfer medium at the desired consumer heating temperature.

Section 5-6. The TEV regulates the flow of liquid, thereby reducing the release of vapor. The fluid expands in the valve but does not exchange energy with the environment. The expansion takes place at a constant enthalpy. Nothing happens during pressure reduction. The temperature is virtually unchanged. When the fluid pressure reaches saturation, a further decrease in pressure also implies a decrease in temperature, since otherwise the fluid overheats, which implies the formation of a thermodynamically unstable state [14].

As a result of cooling the liquid, energy is released, which is spent on the evaporation of part of the liquid. Consequently, liquid evaporation in this case depends on pressure: the smaller it is, the more liquid evaporates.

Section 6-7. The fluid pressure reaches its final value. The volume of liquid evaporated is determined by means of equal concentration lines. In this example, the refrigerant expands to a 5-bar pressure (-5 °C) with a 50% vapor concentration.

At section 5-6-7 from condenser, thermostatic expansion valve (TEV) to evaporator inlet, we assume that TEV in this case only creates conditions to change the state of vapor-liquid mixture at evaporator inlet under different temperatures of working medium, environment, and pressure. Since TEV regulation in this process is the reverse process of the compressor operation mode, the TEV does not have any additional effect on freon, everything is done by the compressor. The TEV only separates the pressure zones with the required freon capacity. Therefore, the connecting tubes of the TEV must be matched to the compressor capacity [15].

When generating the heat output from a heat pump, two parameters matter the most:

- phase transformation of latent heat of vaporization at boiling and condensation of working medium in a closed system of compression cycle,
- dynamics of influence of air flows on thermophysical and thermodynamic properties of freon, processes occurring in it.

The heat and cooling efficiency derived from the freon loop (COP) is

$$COP = q_1/q_2. \quad (4)$$

Table 2. Values of the energy received from the freon loop, at different sections of the vapor-compression cycle of AHP and COP

Freon	q_1 , kJ/kg	q_2 , kJ/kg	COP
R22	166.88	35.61	4.69
R32	238.4	45.7	5.22
R134A	148	32	4.63
R404A	124.5	32.8	3.80
R407C	153	40	3.83
R410A	165.8	33.8	4.91
R507A	122.7	36.9	3.33



To estimate all thermodynamic processes in the refrigeration system and to make calculations, we use thermal diagrams or approximate calculation of the vapor-compression freon loop according to tables on the saturation line and the superheated vapor line of the working refrigerant [16].

Due to the wide spread of vapor-compression heat pumps, all options to increase their efficiency are being considered. The first option is to increase the efficiency of a theoretically equilibrium ideal cycle. Another option is to reduce losses from non-equilibrium (irreversibility) of processes.

It is important to properly select a working medium (refrigerant) and optimal parameters of vapor-compression cycle. An important property of freons is the heat of phase transition. The higher the value, the lower the freon consumption and therefore the lower the cost of the compressor. On the other hand, AHP performance can also be assessed by two indicators: mechanical efficiency (compressor drive) and volumetric efficiency (compressor chamber size) [15-17].

In a real cycle, unlike ideal cycle, the processes of expansion and compression of a working body are considered irreversible and they do not follow an adiabatic curve, but constant enthalpy line – polytropically, which leads to some increase in energy losses not only in compressor, but also in evaporator and condenser. Therefore, it is important to consider the design, piping (trunking) configuration, and location of the main elements of the air heat pump.

CONCLUSIONS

As an AHP is a complex device with advanced automation, the heat pump system requires proper calculation of the operating mode and the selection of basic structural elements by qualified designers and competent installers. It should be noted that the result of the calculation of an AHP will always depend on the conditions in which it is operated.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Галюжин С.Д., Лобикова Н.В., Лобикова О.М., Галюжин А.С.** Целесообразность использования современных энергосберегающих систем вентиляции при строительстве и реконструкции зданий. Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 4. С. 27-35.
2. **Федосов С.В., Федосеев В.Н., Зайцева И.А., Воронов В.А.** Обоснование методом анализа иерархий экспертных суждений критериев повышения энергоэффективности воздушного теплового насоса. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. № 2. С. 38-47. DOI: 10.52957/27821919_2021_2_38.
3. **Abiev R.S.** Hydrodynamics and Heat Transfer of Circulating Two-Phase Taylor Flow in Microchannel Heat Pipe: Experimental Study and Mathematical Model. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2019. V. 59. N 9. P. 3687-3701. DOI: 10.1021 / acs.iecr.9b04834
4. **Fang X., Wu Q., Yuan Y.** A general correlation for saturated flow boiling heat transfer in channels of various sizes and flow directions. International journal of heat and mass transfer. 2017. V. 107. P. 972–981. DOI: 10.1016 / j.ijheatmasstransfer.2016.10.125.
5. **Мазурин И.М., Герасимов Р.Л., Королёв А.Ф., Уткин Е.Ф.** Озонобезопасные фреоны. История легенды и простое решение. Пространство и время. 2014. № 3(17). С. 250-255.



6. **Баймачев Е.Э., Макаров С.С.** Моделирование термодинамического цикла теплового насоса для расширения температурного диапазона воздушного рекуператора. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6(89). С. 101-106.
7. **Багаутдинов И.З., Кувшинов Н.Е.** Источники теплоты для тепловых насосов. Инновационная наука. 2016. № 3. С. 42-44.
8. **Макаров С.С.** Использование теплового насоса в системах поддержания микроклимата высотных зданий. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 2(33). С. 250-257. DOI: 10.21285/2227-2917-2020-2-250-257.
9. **Данилевский Л.Н.** Системы принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого воздуха для жилых зданий. Теория и практика. Минск, 2014. 128 с.
10. **Alo M.** Problems with Using the Exhaust Air Heat Pump for Renovation of Ventilation Systems in old Apartment Buildings. Danish Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. P. 44-55. DOI: 10.6084 / M9.FIGSHARE.1510922.
11. **Dawidowicz B., Cieslinski J.** Heat Transfer and Pressure Drop During Flow Boiling of Pure Refrigerants and Refrigerant/Oil Mixtures in Tube With Porous Coating. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2012. V. 55. P. 2549-2558. DOI: 10.1016 / j.ijheatmasstransfer.2012.01.005.
12. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Loginova S.A.** Heat transfer intensification during condensation of refrigerant with straight pipelines for a heat pump heating system. E3S Web of Conferences. 2021. V. 258. P. 09050. DOI: 10.1051 / e3sconf / 202125809050
13. **Kim D.H., Park H.S., Kim M.S.** The effect of the refrigerant charge amount on single and cascade heat pump systems. International Journal of Refrigeration. 2014. V. 40. P. 254-268. DOI: 10.1016 / j.ijrefrig.2013.10.002
14. **Зарицкий Г.А., Леонов В.П., Лихачев В.И.** Анализ и выбор рабочих тел для газового контура теплового насоса. Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 1(13). С. 146-148.
15. **Harsem T.T., Grindheim J., Borresen B.A.** Efficient Interaction Between Energy Demand Surplus Heat, Cooling and Thermal Storage. Procedia Engineering. 2016. N 146. P. 210-217. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.375.
16. **Овсянник А.В.** Моделирование процессов теплообмена при кипении жидкостей. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. 284 с.
17. **Кошелев С.В., Сластихин Ю.Н., Ейдеюс А.И.** Сравнительные расчеты коэффициента теплоотдачи при кипении хладагентов в трубах. Вестник Международной академии холода. 2020. № 2. С. 65-72. DOI: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-65-72.

Поступила в редакцию 29.11.2021

Принята к опубликованию 06.12.2021

REFERENCES

1. **Galyuzhin S.D., Lobikova N.V., Lobikova O.M., Galyuzhin A.S.** Applicability of Using Modern Energy Saving Ventilation Systems for Construction and Reconstruction of Buildings. Journal of Science and Education of North-West Russia. 2018. V. 4. N 4. P. 27-35 (in Russian).
2. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A., Voronov V.A.** The Hierarchy Analysis Method in Backing Expert Judgments of Criteria for Increasing the Energy Efficiency of Air Heat Pump. Smart composites in construction. 2021. T. 2. N 2. P. 38-47. DOI: 10.52957 / 27821919_2021_2_38 (in Russian).



3. **Abiev R.S.** Hydrodynamics and Heat Transfer of Circulating Two-Phase Taylor Flow in Microchannel Heat Pipe: Experimental Study and Mathematical Model. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2019. V. 59. N 9. P. 3687-3701. DOI: 10.1021 / acs.iecr.9b04834.
4. **Fang X., Wu Q., Yuan Y.** A general correlation for saturated flow boiling heat transfer in channels of various sizes and flow directions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. V. 107. P. 972-981. DOI: 10.1016 / j.ijheatmasstransfer.2016.10.125.
5. **Mazurin I.M., Gerasimov R.L., Korolev A.F., Utkin E.F.** Ozone-safe freons. The story of a legend and a simple solution. *Space and time*. 2014. N 3 (17). P. 250-255 (in Russian).
6. **Baimachev E.E., Makarov S.S.** Thermal Pump Thermodynamic Cycle Modeling to Extend Temperature Range of Air Recuperator Operation. *The Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2014. N 6(89). P. 101-106 (in Russian).
7. **Bagautdinov I.Z., Kuvshinov N.Ye.** Heat sources for heat pumps. *Innovative science*. 2016. N 3. P. 42-44 (in Russian).
8. **Makarov S.S.** The use of a heat pump in the system for maintaining the microclimate of high-rise buildings. *Proceedings of universities. Investments. Construction. Real estate*. 2020. V. 10. N 2 (33). P. 250-257. DOI: 10.21285 / 2227-2917-2020-2-250-257 (in Russian).
9. **Danilevsky L.N.** Forced ventilation systems with heat recovery of exhaust air for residential buildings. *Theory and practice*. Minsk, 2014. 128 p. (in Russian).
10. **Alo M.** Problems with Using the Exhaust Air Heat Pump for Renovation of Ventilation Systems in old Apartment Buildings. *Danish Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015. P. 44-55. DOI: 10.6084 / M9.FIGSHARE.1510922.
11. **Dawidowicz B., Cieslinski J.** Heat Transfer and Pressure Drop During Flow Boiling of Pure Refrigerants and Refrigerant/Oil Mixtures in Tube With Porous Coating. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2012. V. 55. P. 2549-2558. DOI: 10.1016 / j.ijheatmasstransfer.2012.01.005.
12. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Loginova S.A.** Heat Transfer Intensification During Condensation of Refrigerant With Straight Pipelines for a Heat Pump Heating System. *E3S Web of Conferences*. 2021. V. 258. P. 09050. DOI: 10.1051 / e3sconf / 202125809050
13. **Kim D.H., Park H.S., Kim M.S.** The effect of the refrigerant charge amount on single and cascade heat pump systems. *International Journal of Refrigeration*. 2014. V. 40. P. 254-268. DOI: 10.1016 / j.ijrefrig.2013.10.002.
14. **Zaritsky G.A., Leonov V.P., Likhachev V.I.** Analysis and Selection of Working Media for Gas Circuit of Heat Pump. *Engineering Journal: Science and Innovation*. 2013. N 1(13). P. 146-148 (in Russian).
15. **Harsem T.T., Grindheim J., Borresen B.A.** Efficient Interaction Between Energy Demand Surplus Heat, Cooling and Thermal Storage. *Procedia Engineering*. 2016. N 146. P. 210-217. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.375.
16. **Ovsyannik A.V.** Modeling of Heat Exchange Processes During Boiling of Liquids. *Gomel: GGTU im. P.O. Sukhogo*, 2012. 284 p. (in Russian).
17. **Koshelev S.V., Slastikhin Yu.N., Eideyus A.I.** Comparative calculations of the heat transfer coefficient during refrigerant boiling in tubes. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2020. N 2. P. 65-72. DOI: 10.17586 / 1606 4313 2020 19 2-65-72 (in Russian).

Received 29.11.2021

Accepted 06.12.2021



УДК 66.018.8:624.012.45

Новый перспективный метод выявления карбонизации железобетонных строительных конструкций в практике обследований

И.Н. Гоглев

Илья Николаевич Гоглев
ООО «АктивПроект», Иваново, Российская Федерация
E-mail: azidplumbum00@mail.ru



Рассмотрен новый метод выявления карбонизации бетона, который можно успешно применять на полевой и лабораторной стадиях обследования строительных конструкций из железобетона. Рассмотрены случаи протекания карбонизации и оценены аспекты её влияния на долговечность бетонных и железобетонных строительных конструкций гражданских, промышленных, транспортных и других различных объектов. Приведены примеры объектов, на которых можно проводить обследования с применением нового метода. Также проведено сравнение эффективности указанного метода с методом фенолфталеиновой пробы. Отличие нового метода состоит в том, что он позволяет оценить состояние защитного слоя бетона и выявить зоны, в которых процесс коррозии бетона, связанный с массопереносом целевого компонента только начинается или полноценно протекает. Недостаток метода фенолфталеиновой пробы (МФФП) состоит в том, что он не позволяет понять полную картину распределения рН бетона по слоям, поскольку индикатор имеет 1 рабочий интервал перехода окраски. Новый перспективный метод позволяет оценивать состояние обследуемых железобетонных конструкций на предмет их долговечности и степени повреждения, поскольку обладает повышенной точностью по сравнению с методом фенолфталеиновой пробы. Результаты, полученные новым методом можно использовать как для разработки/расчета физико-математических моделей развития процесса массопереноса при коррозии бетона, так и при организации ремонта железобетонных и бетонных строительных конструкций.

Ключевые слова: коррозия, карбонизация, бетон, железобетон, обследование, фенолфталеиновая проба, универсальный индикатор, массоперенос

Для цитирования:

Гоглев И.Н. Новый перспективный метод выявления карбонизации железобетонных строительных конструкций в практике обследований. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 35-45 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_35



A new promising method for detecting carbonization of reinforced concrete building structures during inspections

I.N. Goglev

Ilia N. Goglev
ООО «АктивПроект», Ivanovo, Russia
E-mail: azidplumbum00@mail.ru



The paper considers a new method of detecting the carbonization of concrete that can be successfully applied at the field and laboratory stages of examining building structures made of reinforced concrete. The study included cases of carbonization and evaluated its influence on durability of civil, industrial, transport and other various building structures made of concrete and reinforced concrete. The paper includes examples of facilities where surveys can be conducted using the new method. This method was also compared with that of the phenolphthalein indicator solution in terms of its effectiveness. The new method makes it possible to assess the state of the protective layer of concrete and identify the zones where the corrosion of concrete, which is associated with mass transfer of the target component, has just begun or is fully running. A disadvantage of the phenolphthalein indicator solution method (PISM) is that it does not show a complete picture of the pH distribution of concrete over the layers, since the indicator has 1 working color transition interval. A new promising method makes it possible to assess the condition of the examined reinforced concrete structures for their durability and the degree of damage, since it has an increased accuracy in comparison with the phenolphthalein indicator method. The results obtained by the new method can be used both to organize/calculate physical and mathematical models of mass transfer process development during concrete corrosion and to organize the repair of reinforced concrete and concrete building structures.

Key words: corrosion, carbonization, concrete, reinforced concrete, inspection, phenolphthalein indicator, universal indicator, mass transfer

For citation:

Goglev I.N. A new promising method for detecting carbonization of reinforced concrete building structures during inspection. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 35-45 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_35



INTRODUCTION

The inspection of concrete and reinforced concrete building structures operated in conditions of atmospheric air and moisture often includes identifying areas of concrete carbonization (other common types of concrete corrosion may also be identified). The condition of reinforced concrete structures of civil, industrial, transport structures, e.g. piers and slabs of bridges, overpasses, etc., directly depends on the degree of carbonization (Fig. 1) [1, 2].



Fig. 1. A road bridge in the Ivanovo region. The combined effect of carbonization and chloride corrosion. Burning and corrosion of longitudinal reinforcement

Another name for carbonization is neutralization, since the corrosion is associated with chemical reaction of one of the main components of cement stone – free calcium hydroxide (according to the terminology of S.V. Fedosov, academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences) [1-4]. The process can be roughly divided into 2 stages:

- 1) calcium carbonate formation



- 2) calcium hydrogen carbonate formation and entrainment in the medium



The first stage (1) develops due to the specific aspects of the microstructure of the cement stone, which is a porous material. When interacting with atmospheric air (including humid environment), the pores of concrete are saturated with carbon dioxide (CO_2) or carbon dioxide solution (H_2CO_3), which leads to the formation of calcium carbon dioxide (CaCO_3) [1-4]. Calcium carbon dioxide (CaCO_3) is an insoluble compound so that it remains in the structure of the reinforced concrete structure [2-4].

The second stage of the process (2) proceeds with an excess of carbon dioxide or carbonic acid. In the case of atmospheric operation, this condition is fully met because the air contains carbon dioxide. As a result, calcium hydrogen carbonate ($\text{Ca(HCO}_3)_2$), which is a soluble compound, is formed in solution. Further, when the structure gets wet, calcium hydrogen carbonate diffuses, and a solution forms, which is carried away into the external environment [1-4], and the cement stone of the concrete loses one of its most valuable components.



The carbonization is accompanied by a decrease in the pH of the protective layer of concrete [3-5]. According to various studies [4, 5], when the pH of concrete decreases below 10-9, it jumpstarts the chemical and electrochemical corrosion of reinforcement, since the passivating properties of concrete in relation to metal reinforcement may be lost [4, 5]. It should be noted that often carbonization affects concrete and reinforced concrete structures together with chloride corrosion [1, 4, 5, 10, 13] and biological corrosion [5, 7, 9]. The carbonization process directly affects the durability of concrete and reinforced concrete structures [1-5, 7, 8, 10, 13-15].

EXPERIMENT

It is important to detect carbonization during the field or laboratory stage at corrosion screening of concrete and reinforced concrete building structures. The phenolphthalein indicator solution method is one of the most used methods both in the field and in the laboratory stage [4, 6, 15]. The phenolphthalein indicator solution method (PISM) can be performed not only on-site by applying the indicator solution to fresh splinters of concrete or to newly prepared test holes, but also in the laboratory on pre-selected cylindrical samples (cores) (Fig. 2) [4, 6].

The phenolphthalein solution changes color depending on the pH value of the concrete. For example, at pH = 8-10 (alkaline environment), the coloring of phenolphthalein solution changes from colorless to pink (1 working transition interval). At a pH < 8, the phenolphthalein solution is colorless, which shows the boundaries of carbonized concrete zones and the depth of carbonization (see Fig. 2) [4, 6].



Fig. 2. Phenolphthalein indicator for carbonization conducted on a selected core sample (a) and the diamond drill site selected for the core sample (b)

Due to its simplicity and accessibility, PISM has been successfully used in inspection, but it still has drawbacks [4-6], which may contribute to losing time or insufficient accuracy of the results obtained. Consider as an example an unprotected concrete structure (without primary and secondary protection measures) [4, 6]. At pH > 10.5, the phenolphthalein solution is practically colourless, and the transition of indicator can easily be missed, especially in field conditions [4, 6]. For example, the pH of freshly made concrete is approximately 13-14 (strongly alkaline environment), while the pH of concrete of a newly erected (1-3 years, 3-5 years) concrete or reinforced concrete structure can be 11.5-12.5. In this range, the phenolphthalein solution is also colorless [4, 6]. If the neutralization of concrete has already «started», and its pH decreases gradually from initial values, the alcoholic solution of phenolphthalein will not show the dynamics of the process and the boundaries of the zones most



vulnerable to carbonization, especially if the concrete damaged by corrosion visually does not differ from the whole [4, 6].

That is why, apart from phenolphthalein solution, the researchers look for solutions of other indicators, which can show indicative pH values of concrete and the boundaries of their distribution zones [4, 6].

The alcohol solution of the universal indicator ZIV-1 has been proposed as an alternative at the moment [6]. The indicator solution is applied to the walls of newly prepared test holes on the surface of reinforced concrete structures, which are located at a certain distance from each other (Fig. 3). The hole cavities are thoroughly cleaned of concrete dust and dirt, and rinsed with distilled water to remove any contamination. The indicator solution can also be applied to fresh concrete splinters if making the test holes is difficult (see Fig. 3) [6].

IMPORTANT! When using the method, it is necessary to have good quality lights that will illuminate the test holes. It is also necessary to have a hammer drill with drills of required diameters (from 16–24 mm).



Fig. 3. Example of an inspected reinforced concrete structure (a), which has been outdoors for more than 15 years, and test holes 30-50 mm deep in the surface of the reinforced concrete structure (b)

Since the universal indicator is a mixture of different indicators, it has several transition intervals, unlike phenolphthalein (Fig. 4) [6]. Each transition interval corresponds to a unique solution coloring (it contrasts significantly with the initial one), which simplifies determining pH in the specified area (see Fig. 4) [6].

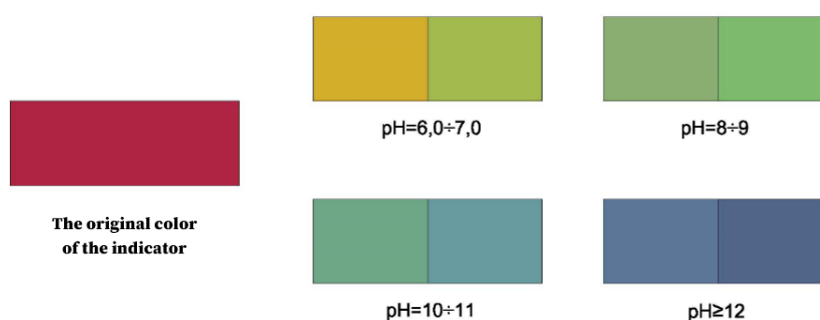


Fig. 4. Transition intervals of ZIV-1 universal indicator solution



Thanks to this indicator, it is possible to get an idea of the boundaries of concrete zones with specific pH values (Fig. 5). The same area of fresh concrete splinter is shown as an example. Alcohol solutions of phenolphthalein and the universal indicator ZIV-1 were applied to its surface (see Fig. 5) [6].

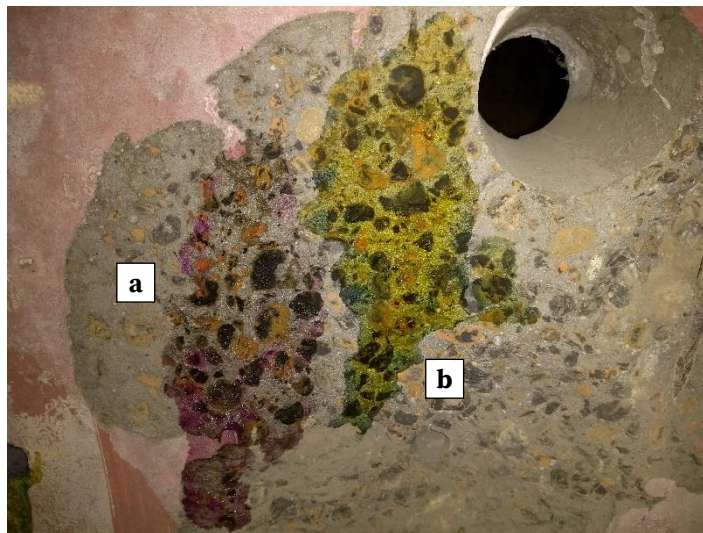


Fig. 5. Comparison of readings of alcoholic indicator solutions:
a – phenolphthalein; **b** – universal indicator ZIV-1.

In colorless areas of phenolphthalein, carbonized concrete, pH of which can be determined using the universal indicator solution

CONCLUSIONS

We used this method to inspect more than 10 areas of a reinforced concrete structure (cover slab of the road bridge in the Ivanovo region) which has been in use for a long time (more than 30 years) affected by atmospheric air and moisture. The structure is made without primary and secondary concrete protection [2, 3, 14]. The comparison results are shown in Table 1.

Note that, in areas **N 4** and **N 9**, the phenolphthalein is colorless, i.e., according to the phenolphthalein indicator, it is assumed that the pH of the concrete in this area is less than 8 (visually, the concrete is similar to the corroded areas). However, the ZIV-1 universal indicator solution shows that the pH of these concrete areas is above 12. This means that the area is completely «healthy» [6] – when repairing a reinforced concrete structure, it does not have to be removed and restored subsequently using repair compositions [2, 3].

In areas **N 2** and **N 8**, where the phenolphthalein solution is almost colorless (i.e., pH of concrete ≈ 8), the solution of the universal indicator ZIV-1 provides almost completely accurate values (see Table 1). A similar situation is observed at areas **N 5**, **N 6**, **N 10**, where at pH values < 8 , the new method shows boundaries of completely neutralized concrete zones with greater accuracy [6].

The proposed method of determining concrete carbonization zones is promising and more accurate in comparison with phenolphthalein indication method, and also shows the dynamics of the process (boundaries of concrete zones with different pH values) [6]. Even in field conditions, taking into account factors of operation of reinforced concrete structures, it helps estimate the distribution



of concrete zones most vulnerable to carbonization and determine the moments of possible beginning of chemical and electrochemical corrosion of reinforcement in these areas [6].

Table 1. Comparison of readings of the proposed method with the phenolphthalein indicator method

Area N	Phenolphthalein indicator solution method		Proposed method	
	Color	pH	Color	pH
1	Pink	8–10	Light green	9–9.5
2	Pale pink	~ 8	Pale green	7.5–7.9
3	Pink	8–10	Light green	~ 9.5
4	Colorless	< 8	Blue	~ 12.5
5	Colorless	< 8	Yellow	~ 6
6	Colorless	< 8	Yellow-green	6.5–7.0
7	Dark pink	8–10	Dark green	~ 10.5
8	Pale pink	~ 8	Pale green	7.5–7.9
9	Colorless	< 8	Blue	~ 12.5
10	Colorless	< 8	Yellow	~ 6

The method can be used not only in assessing the durability of concrete and reinforced concrete structures [6], but also in testing the latest acid, alkaline, and saline additives in concrete, because it will provide insight into their influence on the pH of freshly prepared concrete. All the data thus obtained make it possible to take into account the development of physical and mathematical models of mass transfer process during concrete corrosion [1, 5, 7, 9, 14, 15] and, consequently, to simplify inspection and forecasting of residual service life of building structures made of reinforced concrete.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шалый Е.Е., Ким Л.В.** Хлоридная коррозия морского бетона. Вестник инженерной школы ДФУ. 2018. № 2(35). С. 101-110. DOI.org/10.5281/zenodo.1286036.
2. **Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А., Орехова А.Ю., Тюрина А.А.** Анализ дефектов и повреждений железобетонных конструкций, характерных для подземных сооружений, на примере защитных сооружений гражданской обороны. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 1(28). С. 124-133.
3. **Добромыслов А.Н.** Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений: Справочное пособие. М.: Изд-во АСВ. 2006. 256 с.
4. **Румянцева В.Е., Гоглев И.Н., Логинова С.А.** Применение полевых и лабораторных методов определения карбонизации, хлоридной и сульфатной коррозии при обследовании строительных конструкций зданий и сооружений. Строительство и техногенная безопасность. 2019. № 15 (67). С. 51-58.
5. **Логинова С.А., Гоглев И.Н.** Моделирование кинетики и динамики протекания массопереноса при различных видах коррозии цементных бетонов. Вестник Череповецкого государственного университета. 2020. № 6(99). С. 22-35. DOI: 10.23859/1994-0637-2020-6-99-2.
6. Рыбнов Д.С., Гоглев И.Н., Соколов К.Ю. Патент РФ № 2755246. 2021.



7. **Федосов С.В., Румянцева В.Е., Логинова С.А.** Особенности биодegradации гидротехнических бетонов. Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1. № 1. С. 45-55. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020
8. **Рязанова В.А.** Особенности сульфатной коррозии бетона в условиях направленного влагопереноса. Башкирский химический журнал. 2016. Т. 23. № 3. С. 45-52.
9. **Fedosov S.V., Loginova S.A.** Mathematical model of concrete biological corrosion. Magazine of Civil Engineering. 2020. V. 99(7). P. 56-66. URL: <https://doi.org/10.18720/MCE.99.6>
10. **Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Карпушенков С.А., Щукин Г.Л., Беланович А.Л., Савенко В.П., Гуринович В.Ю.** Физико-механические свойства бетона и коррозия арматуры в среде хлорида натрия: влияние аминоспиртов. Строительные материалы. 2012. № 1. С. 34-36.
11. **Morris W., Vico A., Vazquez M.** The performance of a migrating corrosion inhibitor suitable for reinforced concrete. Journal of Applied Electrochemistry. 2003. V. 33. P. 1183-1189.
12. **Аль Каради Али.** Основные физико-механические свойства железобетона. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 39-42.
13. **Yoon I.-S.** Deterioration of Concrete due to Combined reaction of Carbonation and Chloride Penetration. Experimental Study Key Engineering Materials. 2007. V. 348-349. P. 729-732.
14. **Осипов С.Н., Захаренко А.В., Чик В.М.** Некоторые стохастические особенности карбонизации бетона и железобетона. Наука и Техника. 2019. № 2. С. 127-136. URL: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-2>
15. **Васильев А.А.** Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона. Гомель: БелГУТ. 2016. 264 с.

Поступила в редакцию 26.11.2021

Принята к опубликованию 03.12.2021

REFERENCES

1. **Shaly E.E., Kim L.V.** Chloride corrosion of marine concrete. Vestnik inzhenernoj shkoly DFU. 2018. N 2 (35). P. 101-110. DOI.org/10.5281/zenodo.1286036 (in Russian).
2. **Solovyov V.G., Shuvalova E.A., Orekhova A.Yu., Tyurina A.A.** Analysis of defects and damages of reinforced concrete structures, typical for underground structures, on the example of civil defense structures. Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. 2019. V. 9. N 1 (28). P. 124-133 (in Russian).
3. **Dobromyslov A.N.** Diagnostics of damage to buildings and engineering structures. Reference manual. M.: Izd-vo ASV. 2006. 256 p. (in Russian).
4. **Rumyantseva V.E., Goglev I.N., Loginova S.A.** Application of field and laboratory methods for the determination of carbonation, chloride and sulfate corrosion in the examination of building structures of buildings and structures. Stroitel'stvo i tehnogennaya bezopasnost'. 2019. N 15 (67). P. 51-58 (in Russian).
5. **Loginova S.A., Goglev I.N.** Modeling the kinetics and dynamics of mass transfer in various types of cement concrete corrosion. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. 2020. N 6 (99). P. 22-35. DOI: 10.23859 / 1994-0637-2020-6-99-2 (in Russian).
6. Rybnov D.S., Goglev I.N., Sokolov K.Yu. RF Patent. N 2755246. 2021.



7. **Fedosov S.V., Rummyantseva V.E., Loginova S.A.** Features of the biodegradation of hydraulic concretes. *Umnye kompozity v stroitel'stve*. 2020. V. 1. N 1. P. 45-55. URL: http://comincon.ru/index.-php/tor/V1N1_2020 (in Russian).
8. **Ryazanova V.A.** Features of sulfate corrosion of concrete in conditions of directional moisture transfer. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*. 2016. V. 23. N 3. P. 45-52 (in Russian).
9. **Fedosov S. V., Loginova S. A.** Mathematical model of concrete biological corrosion. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. V. 99(7). P. 56-66. URL: <https://doi.org/10.18720/MCE.99.6>
10. **Leonovich S.N., Sviridov D.V., Karpushenkov S.A. Shchukin G.L., Belanovich A.L., Savenko V.P., Gurinovich V.YU.** Physical and mechanical properties of concrete and corrosion of reinforcement in sodium chloride environment: the influence of amino alcohols. *Stroitel'nye materialy*. 2012. N 1. P. 34-36 (in Russian).
11. **Morris W., Vico A., Vazquez M.** The performance of a migrating corrosion inhibitor suitable for reinforced concrete. *Journal of Applied Electrochemistry*. 2003. V. 33. P. 1183-1189.
12. **Al Qaradi Ali.** Basic physical and mechanical properties of reinforced concrete. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. 2013. N 5. P. 39-42 (in Russian).
13. **Yoon I.-S.** Deterioration of Concrete due to Combined reaction of Carbonation and Chloride Penetration. *Experimental Study Key Engineering Materials*. 2007. V. 348-349. P. 729-732.
14. **Osipov S.N., Zakharenko A.V., Chik V.M.** Some stochastic features of concrete and reinforced concrete carbonization. *Nauka i Tehnika*. 2019. N 2. P. 127-136. URL: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-2-127-136> (in Russian).
15. **Vasiliev A.A.** Calculation and experimental model of concrete carbonization. Gomel: BelGUT. 2016. 264 p.

Received 26.11.2021

Accepted 03.12.2021



УДК 66.022.54

Экспериментальное исследование качества продукции в гравитационном аппарате для смешивания сыпучих материалов

И.И. Верлока, А.Б. Капранова, Д.В. Стенько, А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин

Иван Игоревич Верлока

Кафедра теоретической и прикладной механики, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: ivdean@inbox.ru

Анна Борисовна Капранова

Кафедра теоретической и прикладной механики, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Дмитрий Владимирович Стенько

Кафедра теоретической и прикладной механики, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: dvs3@yandex.ru

Антон Евгеньевич Лебедев

Кафедра технологических машин и оборудования, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: lebedevae@ystu.ru

Александр Александрович Ватагин

Кафедра технологических машин и оборудования, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: vatagerr@bk.ru



В статье представлены результаты исследования качества (коэффициента неоднородности) получаемых дисперсных смесей трудноразделимых материалов I-III класса сыпучести по методике Керра при соотношении компонентов 1:10 и более. На лабораторной гравитационной установке реализован запатентованный трехстадийный порционный метод смешивания, позволяющий свести к минимуму влияние на однородность последствий адгезионных и сегрегационных эффектов. Вычисление показателя качества выполнялось контактным способом, также являющимся объектом интеллектуальной собственности. Целесообразность применения трехстадийного метода в строительной и других сферах обоснована полученными минимальными значениями коэффициента неоднородности ($V_c=6.1\%$) при рациональных диапазонах управляемых параметров лабораторного смесителя. Проведено сравнение с более энергозатратным четырехстадийным способом смешивания компонентов (1:10 и выше).

Ключевые слова: коэффициент неоднородности, смешивание, строительные смеси, сыпучие материалы, дисперсная среда, лабораторная установка, трехстадийный способ, четырехстадийный способ

Для цитирования:

Верлока И.И., Капранова А.Б., Стенько Д.В., Лебедев А.Е., Ватагин А.А. Экспериментальное исследование качества продукции в гравитационном аппарате для смешивания сыпучих материалов. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 46-61 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_46



Experimental study product quality in gravity device for mixing bulk materials

I.I. Verloka, A.B. Kapranova, D.V. Stenko, A.E. Lebedev, A.A. Vatagin

Ivan I. Verloka

Department of Theoretical and Applied Mechanics, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: ivdean@inbox.ru

Anna B. Kapranova

Department of Theoretical and Applied Mechanics, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Dmitry V. Stenko

Department of Theoretical and Applied Mechanics, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: dvs3@yandex.ru

Anton E. Lebedev

Department of Technological Machines and Equipment, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: lebedevae@ystu.ru

Alexander A. Vatagin

Department of Technological Machines and Equipment, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: vatagerr@bk.ru



The article presents the study results of quality (coefficient of heterogeneity) of obtained dispersed mixtures of hard-to-separate materials of I-III fluidity class by the Kerr method with components ratio 1:10 or more. On laboratory gravitational unit implements a patented three-stage mixing method that adhesion and segregation effects minimizes on homogeneity. The quality indicator was calculated using a contactless method, which is also an object of intellectual property. The feasibility of using the three-stage method in construction and other areas is justified by minimal values of heterogeneity coefficient obtained in experiment ($V_c=6.1\%$) for rational ranges of laboratory mixer controlled parameters. A comparison is made with a more energy-consuming four-stage method of mixing components 1:10 (or more).

Key words: heterogeneity coefficient, mixing, building mixtures, bulk materials, dispersed medium, laboratory unit, three-stage method, four-stage method

For citation:

Verloka I.I., Kapranova A.B., Stenko D.V., Lebedev A.E., Vatagin A.A. Experimental study product quality in gravity device for mixing bulk materials. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 46-61 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_46



ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с жесткими требованиями к качеству продукции строительной индустрии возникает необходимость поиска новых или совершенствования существующих способов переработки сырьевых материалов. Производство дорожных покрытий, дренажных систем, дисперсно-упрочненных композитов осложнено неравным соотношением компонентов. Качественные сыпучие смеси с соотношением компонентов 1:10 и выше можно получить механическим способом в центробежных аппаратах [1]. Последние наиболее распространены в промышленности, но в основном представляют собой агрегаты периодического действия. Для непрерывного смешивания дисперсных сред I-III класса сыпучести (размеры частиц $(0.15-0.40) \cdot 10^{-3}$ м) предлагается использовать гравитационный трехстадийный порционный метод [2] с принудительным разбрасыванием частиц смешиваемых веществ ротационным щеточным устройством. В рамках проектирования энергоэффективного высокопроизводительного смесительного оборудования, реализующего указанный способ, и верификации математических моделей проведена серия экспериментальных исследований качества (коэффициента неоднородности [3]) получаемой сыпучей продукции. Дополнительно рассмотрена возможность применения агрегатов с большим числом ступеней переработки (четырёхстадийный способ). Анализ полученных результатов посвящена настоящая работа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследований построен аппарат, схематично изображенный на рис. 1. Являясь упрощенной версией трехстадийного смесителя [2], оборудование имеет всего одну ступень переработки, однако позволяет имитировать каждую стадию в отдельности по очереди с постепенным внесением порций большего в соотношении компонента в промежуточную смесь. Таким образом, аппарат, предложенный для непрерывного процесса, работает в периодическом режиме, что допустимо в экспериментальных условиях, но не в производственных.

На цилиндрической поверхности ротационного устройства 7 (смесительного барабана) реализована винтовая навивка (с шагом h_s) резиновых щеток (гибких элементов) 8, спираль которой направлена симметрично относительно его центра (рис. 1, б).

У опытной установки небольшие габариты, высокая виброустойчивость и низкий износ. Лотки 9 и 11, отбойник 10, а также корпус данного аппарата выполнены из лакированной древесно-стружечной плиты, т.к. разрушающее воздействие сыпучих веществ на древесину отсутствует.

Для вращения ротационного устройства 7 использован электропривод, состоящий из двигателя переменного тока мощностью 375 Вт, шкива на подшипниковом валу барабана и ременной передачи. Управление числом оборотов (n , мин⁻¹) электродвигателя реализовано с помощью регулятора TDA1085. Измерение значения параметра n (мин⁻¹) проводилось цифровым лазерным тахометром с помощью светоотражательной ленты, наклеенной на шкиве.

Многостадийный способ получения сыпучих смесей 1:10 и выше основан на принципе наилучшего смешивания равных объемов материалов. Процесс в такой схеме делится на n_r этапов. На первой стадии исходные компоненты дозируются из бункеров 1-4 в соотношении объемных долей $P_{11} : P_{21}$, рассчитанном по [4], скользят по лотку 9, смешиваются путем разбрасы-



вания частиц гибкими элементами 8 движущегося ротационного устройства 7 и за счет отражения от отбойника 10. Полученная промежуточная смесь на этапах $\tau = 2, \dots, n_\tau$ снова загружается в бункер 1, а в воронку 2 – порция такого же по объему компонента 2 ($P_{2\tau}$). Итоговая смесь 1:10 и выше формируется после стадии $\tau = n_\tau$. Результаты расчета объемных долей для конкретного соотношения 1:10 при трехстадийном и четырехстадийном способах представлены в табл. 1, 2.

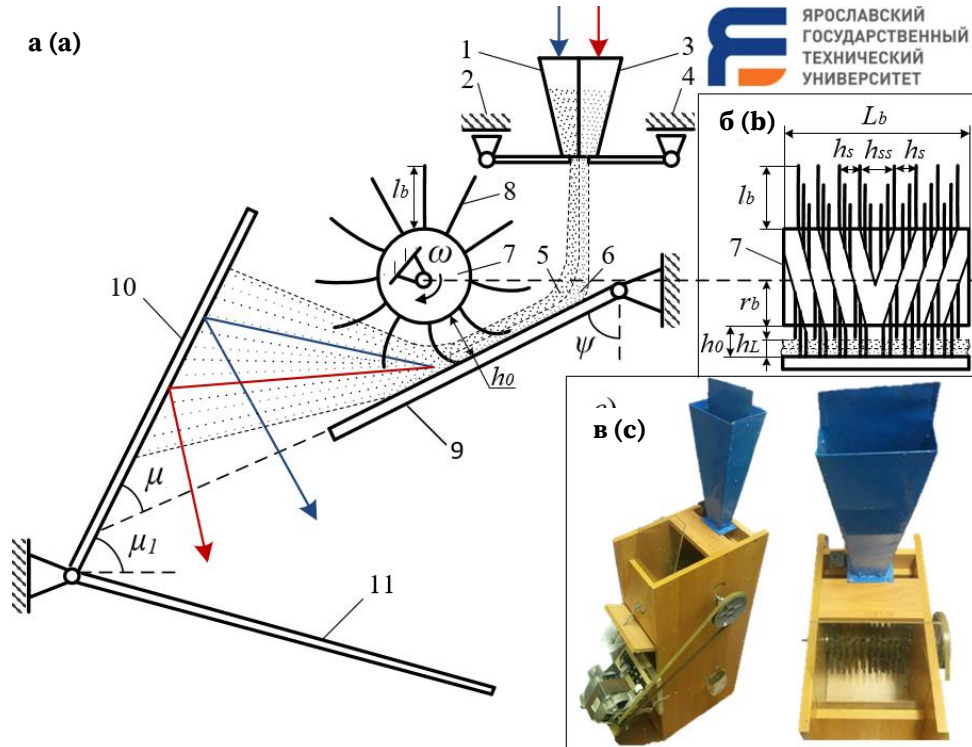


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной смесительной установки в поперечном (а) и продольном (б) сечениях и внешний вид аппарата (в): 1, 2 – бункер и дозатор первого компонента; 3, 4 – бункер и дозатор второго компонента; 5, 6 – слои сыпучих компонентов; 7 – ротационное устройство (смесительный барабан); 8 – гибкий щеточный элемент; 9 – наклонный лоток; 10 – отбойник; 11 – спускной лоток

Fig. 1. Schematic diagram of a laboratory mixing plant in transverse (a) and longitudinal (b) sections and the external view of the apparatus (c): 1, 2 – hopper and dispenser of the first component; 3, 4 – hopper and batcher of the second component; 5, 6 – layers of granular components; 7 – rotary device (mixing drum); 8 – flexible brush element; 9 – inclined tray; 10 – bumper; 11 – chute

Табл. 1. Расчетные объемные доли сыпучих компонентов на каждой стадии смешивания при $n_\tau = 4$

Table. 1. Calculated volume fractions of bulk components at each mixing stage at $n_\tau = 4$

Номер стадии	$\tau = 1$		$\tau = 2$		$\tau = 3$		Смесь 1:10
Объемная доля	P_{11}	P_{21}	$P_{11} + P_{21}$	P_{22}	$P_{11} + P_{21} + P_{22}$	P_{23}	$P_{11} + P_{21} + P_{22} + P_{23}$
	1	1.75	2.75	2.75	5.50	5.50	11.00



Табл. 2. Расчетные объемные доли сыпучих компонентов на каждой стадии смешивания при $n_\tau = 3$

Table. 2. Calculated volume fractions of bulk components at each mixing stage at $n_\tau = 3$

Номер стадии	$\tau = 1$		$\tau = 2$		$\tau = 3$		$\tau = 4$		Смесь 1:10
	P_{11}	P_{21}	$P_{11} + P_{21}$	P_{22}	$P_{11} + P_{21} + P_{22}$	P_{23}	$P_{11} + P_{21} + P_{22} + P_{23}$	P_{24}	
Объемная доля	1	0.375	1.375	1.375	2.75	2.75	5.50	5.50	$P_{11} + P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{24}$
									11.00

Задачи опытных исследований:

1) Для трехстадийного способа – получение зависимости коэффициента неоднородности смеси на каждой стадии процесса:

- от угловой скорости вращения ω ротационного устройства 7 (см. рис. 1): $V_c = V_c(\omega)$;
- от величины относительной деформации $\Delta = l_b / h_0$ гибких элементов 8: $V_c = V_c(\Delta)$;
- от угла наклона μ_1 отбойника 10: $V_c = V_c(\mu_1)$.

2) Для четырехстадийного способа – получение зависимости коэффициента неоднородности смеси на каждой стадии процесса:

- от угловой скорости вращения ω ротационного устройства 7 (см. рис. 1): $V_c = V_c(\omega)$.

3) Сравнительный анализ зависимостей $V_c = V_c(\omega)$ для трехстадийного и четырехстадийного методов на каждом этапе процесса.

Для оценки коэффициента неоднородности использован запатентованный контактный способ [5], основанный на цветовом анализе пикселей цифровых изображений проб компонентов и их итоговой (промежуточной) смеси.

Варьирование каждого из конструктивно-режимных параметров (ω , Δ , μ_1) осуществлено при нескольких фиксированных значениях остальных характеристик, в результате чего получен набор опытных значений V_c .

Сыпучие компоненты для экспериментов. В качестве рабочих сред для осуществления процесса на лабораторной смесительной установке использованы предварительно высушенные по методике [6, 7] манная крупа ГОСТ 7022-2019 (компонент «1», $i = 1$) и природный песок ГОСТ 8736-2014 (компонент «2», $i = 2$) – материалы I класса сыпучести согласно классификации Керра [8] со следующими характеристиками:

- угол естественного откоса 25–30°;
- коэффициент вибрационного уплотнения 2–10%;
- угол обрушения 25–31°;
- коэффициентом однородности 1–5%.

Посредством сит ГОСТ 4403-91 (номинальные размеры отверстий $0.35 \cdot 10^{-3}$; $0.5 \cdot 10^{-3}$; $0.67 \cdot 10^{-3}$ м) в соответствии с методом из ГОСТ 8735-88 определены насыпные плотности компонентов $\rho_{H1} = 0.704 \cdot 10^3$ кг/м³ (манная крупа) и $\rho_{H2} = 1.344 \cdot 10^3$ кг/м³ (природный песок), а также granulometric состав:

- манной крупы: 81.0% – фракции с диаметром $d_{11} = (0.35-0.67) \cdot 10^{-3}$ м и 19,0% – $d_{12} = (0.25-0.35) \cdot 10^{-3}$ м;
- природного песка: 40.7% – $d_{21} = (0.50-0.67) \cdot 10^{-3}$ м; 24.0% – $d_{22} = (0.35-0.50) \cdot 10^{-3}$ м и 35.3% – d_{23} до $0.35 \cdot 10^{-3}$ м.



Ударное взаимодействие частиц смешиваемых материалов с отбойной поверхностью 10 (см. рис. 1) характеризуется коэффициентами восстановления $k_{v1} = 0.1587$ (манная крупа) и $k_{v2} = 0.1853$ (природный песок), выявленными экспериментально и рассчитанными по методике, изложенной в работе [9].

Параметры лабораторной смесительной установки на этапе опытных исследований.

Объемный расход подаваемых компонентов смеси задавался открытием заслонок бункеров 1 и 3 и был зафиксирован на значении $Q_V = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$.

Конструктивные параметры опытного аппарата:

- длина $L_b = 1.85 \cdot 10^{-1} \text{ м}$ и радиус $r_b = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ротационного устройства 7;
- длина $l_b = 4.5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ гибких элементов 8;
- шаг навивки $h_s = 1.6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ гибких элементов 8 на цилиндрическую поверхность ротационного устройства 7;
- расстояние $h_{ss} = 3.2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ между срединными рядами гибких элементов 8, расположенных симметрично относительно середины цилиндрической поверхности ротационного устройства 7;
- угол наклона $\psi = 75^\circ$ (1.31 рад) лотка 9 относительно вертикали.

Данные о диапазонах варьирования конструктивно-режимных параметров для каждой стадии:

1) Угловая скорость вращения $\omega = 45\text{--}50 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ (частота $n = 430\text{--}477 \text{ мин}^{-1}$), ротационного устройства 7 (см. рис. 1). Для манной крупы ГОСТ 7022-2019 и природного песка ГОСТ 8736-2014 этот диапазон выявлен экспериментально при определении угла разбрасывания.

2) Относительная деформация $\Delta = l_b/h_0 = 1.45\text{--}1.6$ гибких элементов 8 (длиной l_b) в зазоре (высотой h_0) между ротационным устройством 7 (см. рис. 1) и наклонным лотком 9; барабанно-лотковый зазор $h_0 = (2.8\text{--}3.1) \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

3) Угол наклона $\mu_1 = 50\text{--}60^\circ$ отбойника 10 (см. рис. 1) относительно горизонтали $0.87\text{--}1.04$ рад.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Трехстадийный способ смешивания.

1.1. Результаты варьирования угловой скорости ω вращения ротационного устройства 7 (см. рис. 1) в виде зависимостей $V_c = V_c(\omega)$ на всех стадиях процесса ($\tau = 1, \tau = 2, \tau = 3$) показаны на рис. 2. Сопоставление $V_c(\omega)$ для каждого Δ на третьем этапе переработки ($\tau = 3$) изображено на рис. 3.

Наиболее качественная смесь согласно опытным данным и регрессионным кривым формируется на третьей стадии ($\tau = 3$) при следующих значениях конструктивно-режимных параметров:

- $\omega = 47 \text{ рад/с}$, $\Delta = 1.45$ при $V_c = 7.2\%$;
- $\omega = 47 \text{ рад/с}$, $\Delta = 1.50$ при $V_c = 6.1\%$;
- $\omega = 45 \text{ рад/с}$, $\Delta = 1.60$ при $V_c = 7.0\%$.

В начале диапазона $\omega = 45\text{--}46 \text{ рад/с}$ лучшее качество продукции обеспечивается наименьшим значением h_0 для барабанно-лоткового зазора ($\Delta = 1.6$). При увеличении угловой скорости ω от $48 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$ и выше – значение коэффициента неоднородности V_c снижается независимо от значения параметра Δ .

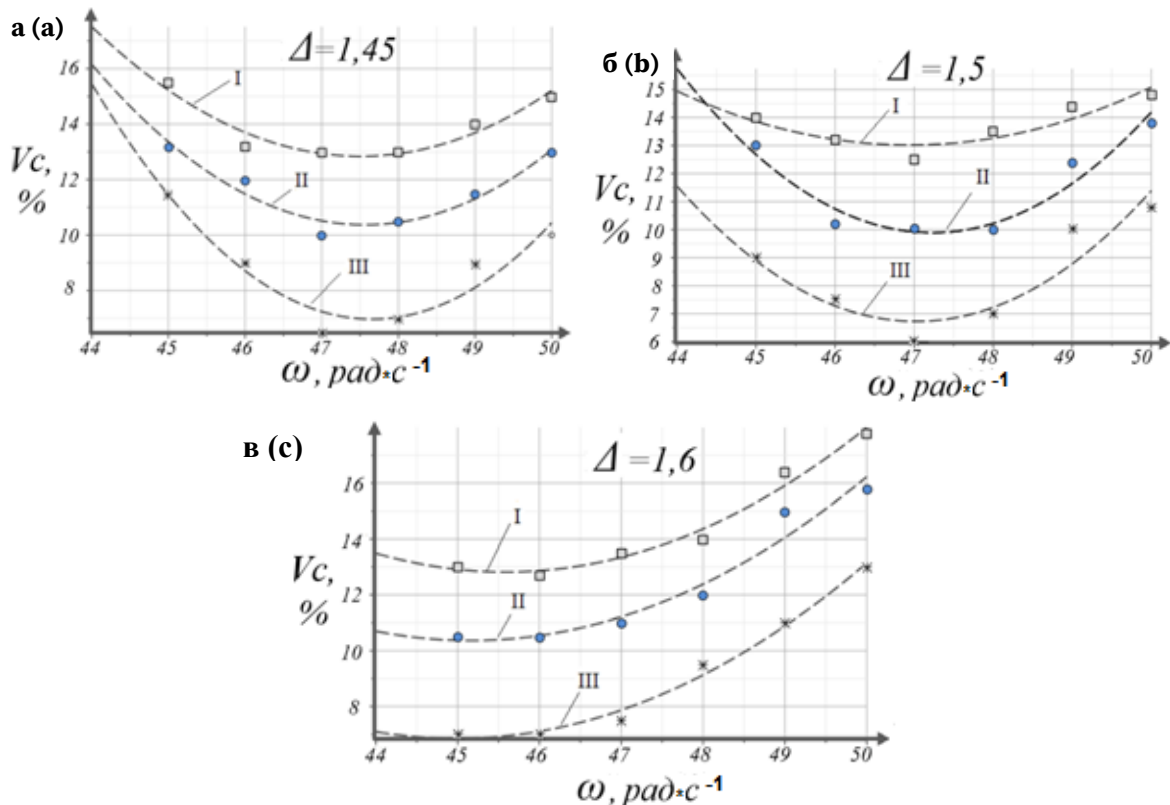


Рис. 2. Зависимость $V_c = V_c(\omega)$ на каждой стадии для смеси манной крупы ГОСТ 7022-2019 и песка ГОСТ 8736-2014 при трехстадийном способе: $\mu_1 = 0.96$ рад; стадия смешивания: I – первая $\tau = 1$; II – вторая $\tau = 2$; III – третья $\tau = 3$; пунктирные линии – регрессионные зависимости, точки – экспериментальные данные;

а – $\Delta = 1.45$; регрессионные зависимости (regression dependences):

$$\text{I} - V_c(\omega) = 871 - 36\omega + 0.38\omega^2; \text{II} - V_c(\omega) = 1040 - 43.3\omega + 0.46\omega^2; \text{III} - V_c(\omega) = 1147 - 60.4\omega + 0.63\omega^2;$$

б – $\Delta = 1.50$; регрессионные зависимости (regression dependences):

$$\text{I} - V_c(\omega) = 501 - 20.8\omega + 0.22\omega^2; \text{II} - V_c(\omega) = 1261 - 53\omega + 0.56\omega^2; \text{III} - V_c(\omega) = 1172 - 50\omega + 0.53\omega^2;$$

в – $\Delta = 1.60$; регрессионные зависимости (regression dependences):

$$\text{I} - V_c(\omega) = 566 - 24\omega + 0.27\omega^2; \text{II} - V_c(\omega) = 520 - 22.5\omega + 0.25\omega^2; \text{III} - V_c(\omega) = 512 - 22.5\omega + 0.25\omega^2$$

Fig. 2. Dependence $V_c = V_c(\omega)$ at each stage for semolina GOST 7022-2019 and sand GOST 8736-2014 mixture with three-stage method: $\mu_1 = 0.96$ rad; mixing stage: I – first $\tau = 1$; II – second $\tau = 2$; III – third $\tau = 1$; dotted lines - regression dependences, points - experimental data;

а – $\Delta = 1.45$; **б** – $\Delta = 1.50$; **с** – $\Delta = 1.60$

1.2. Влияние показателя относительной деформации Δ на качество смеси $V_c = V_c(\Delta)$ на всех стадиях процесса ($\tau = 1, \tau = 2, \tau = 3$) наблюдается на рис. 4. На третьем этапе переработки ($\tau = 3$, рис. 4, в) с ростом значения параметра Δ от 1.45 до 1.60 прослеживается:

- снижение V_c от 11.5 до 6.9% при $\omega = 46$ рад·с⁻¹;
- экстремальное минимальное значение $V_c = 6.1\%$ в точке $\Delta = 1.45$ при $\omega = 47$ рад·с⁻¹;
- возрастание V_c от 6.5 до 9.5% при $\omega = 48$ рад·с⁻¹.



С уменьшением значения h_0 для барабанно-лоткового зазора (ростом Δ) также растет скорость распрямления гибких элементов 8, что приводит:

- к эффективному расширению угла разбрасывания частиц в диапазоне $\omega = 46-47$ рад·с⁻¹;
- к ухудшению качества смеси и падению значения производительности аппарата в связи с ростом сопротивления взаимодействия резиновых щеток 8 с лотком 9 (см. рис. 1).

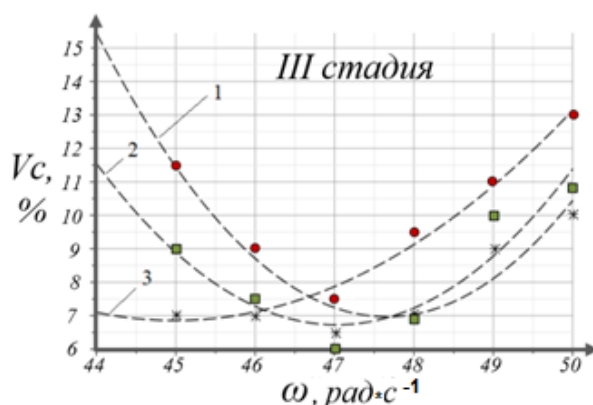


Рис. 3. Зависимость $V_c = V_c(\omega)$ на третьей стадии ($\tau = 3$)

для смеси манной крупы ГОСТ 7022-2019 и песка ГОСТ 8736-2014

при трехстадийном способе: $\mu_1 = 0,96$ рад; 1 – $\Delta = 1.45$; 2 – $\Delta = 1.50$; 3 – $\Delta = 1.60$;

пунктирные линии – регрессионные зависимости, точки – экспериментальные данные;

Fig. 3. Dependence $V_c = V_c(\omega)$ at third stage ($\tau=3$) for semolina GOST 7022-2019 and sand GOST 8736-2014 mixture with three-stage method: $\mu_1 = 0.96$ rad; 1 – $\Delta = 1.45$; 2 – $\Delta = 1.50$; 3 – $\Delta = 1.60$; dotted lines – regression dependences, points – experimental data

1.3. На рис. 5 представлены результаты изменения значения угла наклона μ_1 отбойника 10 (см. рис. 1) в виде зависимостей $V_c = V_c(\mu_1)$ на всех стадиях процесса ($\tau = 1, \tau = 2, \tau = 3$).

Увеличение значения μ_1 от 0.87 до 1.04 рад понижает коэффициент неоднородности смеси (как промежуточной, так и итоговой) независимо от значений конструктивно-режимных параметров (ω, Δ) на каждом этапе переработки ($\tau = 1, \tau = 2, \tau = 3$), однако при более низкой фиксированной угловой скорости $\omega = 46$ рад·с⁻¹ качество продукта становится выше.

2. Сравнение трехстадийного и четырехстадийного способов.

Сопоставление экспериментальных данных двух подходов осуществления процесса в виде зависимостей $V_c = V_c(\omega)$ (опытные точки и регрессионные кривые) представлено на рис. 6.

На первых трех стадиях ($\tau = 1, \tau = 2, \tau = 3$) (см. рис. 6, а-в) минимальное значение коэффициента неоднородности V_c смеси, полученной трехстадийным методом ниже: в 1.08 раз ($\tau = 1$); в 1.07 раз ($\tau = 2$); в 1.05 раз ($\tau = 3$). Однако на четвертом этапе четырехстадийного процесса (см. рис. 6, г) данный показатель ниже примерно в 1.07 раз, чем на выходе эксперимента с трехэтапным способом.

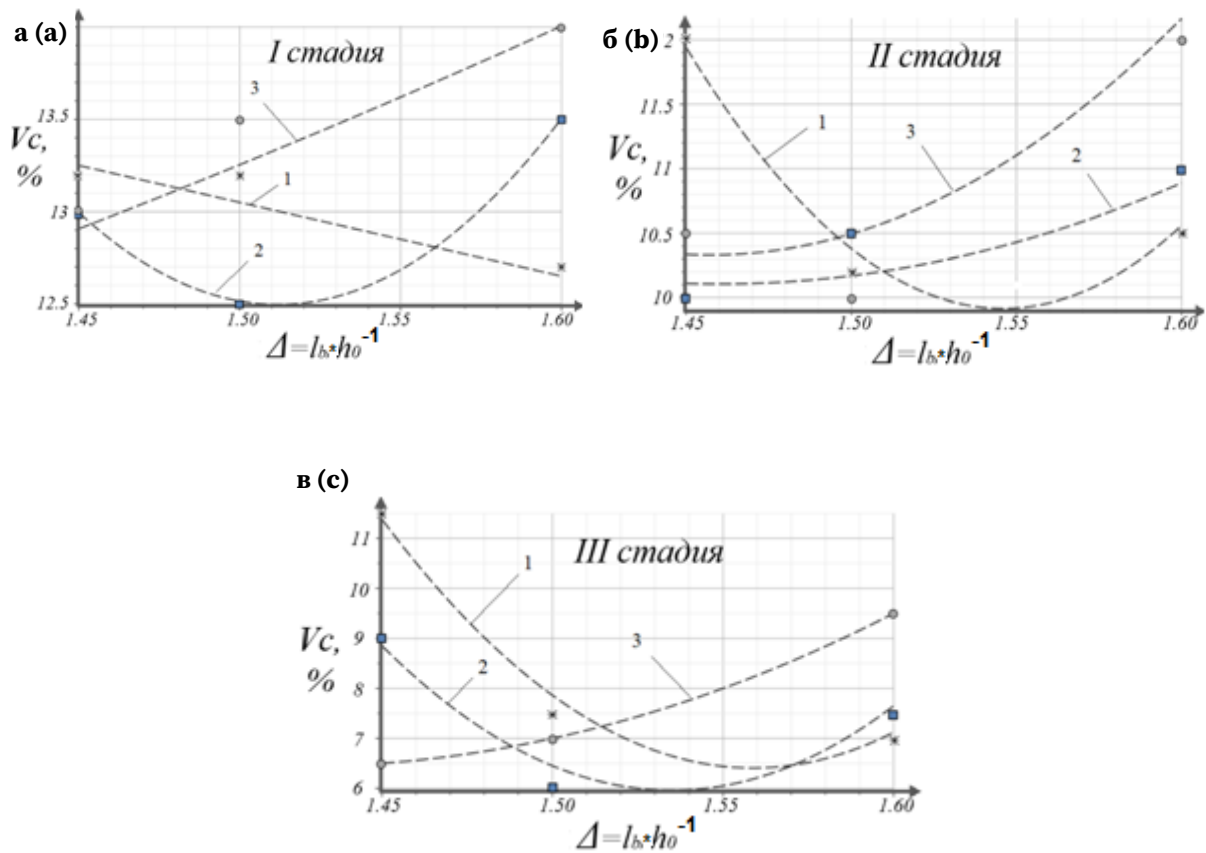


Рис. 4. Зависимость $V_c = V_c(\Delta)$ для смеси манной крупы ГОСТ 7022-2019 и песка ГОСТ 8736-2014 при трехстадийном способе: $\mu_1 = 0.96$ рад; 1 – $\omega = 46$ рад·с⁻¹; 2 – $\omega = 47$ рад·с⁻¹; 3 – $\omega = 48$ рад·с⁻¹; пунктирные линии – регрессионные зависимости, точки – экспериментальные данные;

а – на первой стадии ($\tau = 1$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\Delta) = 19 - 4\Delta + 7 \cdot 10^{-13}\Delta^2; 2 - V_c(\Delta) = 309 - 393\Delta + 130\Delta^2; 3 - V_c(\Delta) = 11 - 4.16\Delta + 3.8\Delta^2;$$

б – на второй стадии ($\tau = 2$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\Delta) = 536 - 680\Delta + 220\Delta^2; 2 - V_c(\Delta) = 95.3 - 116.7\Delta + 40\Delta^2; 3 - V_c(\Delta) = 201 - 262.2\Delta + 90\Delta^2;$$

в – на третьей стадии ($\tau = 3$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\Delta) = 1027 - 1309.4\Delta + 420\Delta^2; 2 - V_c(\Delta) = 948.5 - 1228\Delta + 400\Delta^2;$$

$$3 - V_c(\Delta) = 209.5 - 285\Delta + 100\Delta^2$$

Fig. 4. Dependence $V_c = V_c(\Delta)$ for semolina GOST 7022-2019 and sand GOST 8736-2014 mixture with three-stage method: $\mu_1 = 0.96$ rad; 1 – $\omega = 46$ rad·s⁻¹; 2 – $\omega = 47$ rad·s⁻¹; 3 – $\omega = 48$ rad·s⁻¹;

dotted lines – regression dependences, points – experimental data;

a – at first stage ($\tau = 1$); **b** – at second stage ($\tau = 2$); **c** – at third stage ($\tau = 3$)

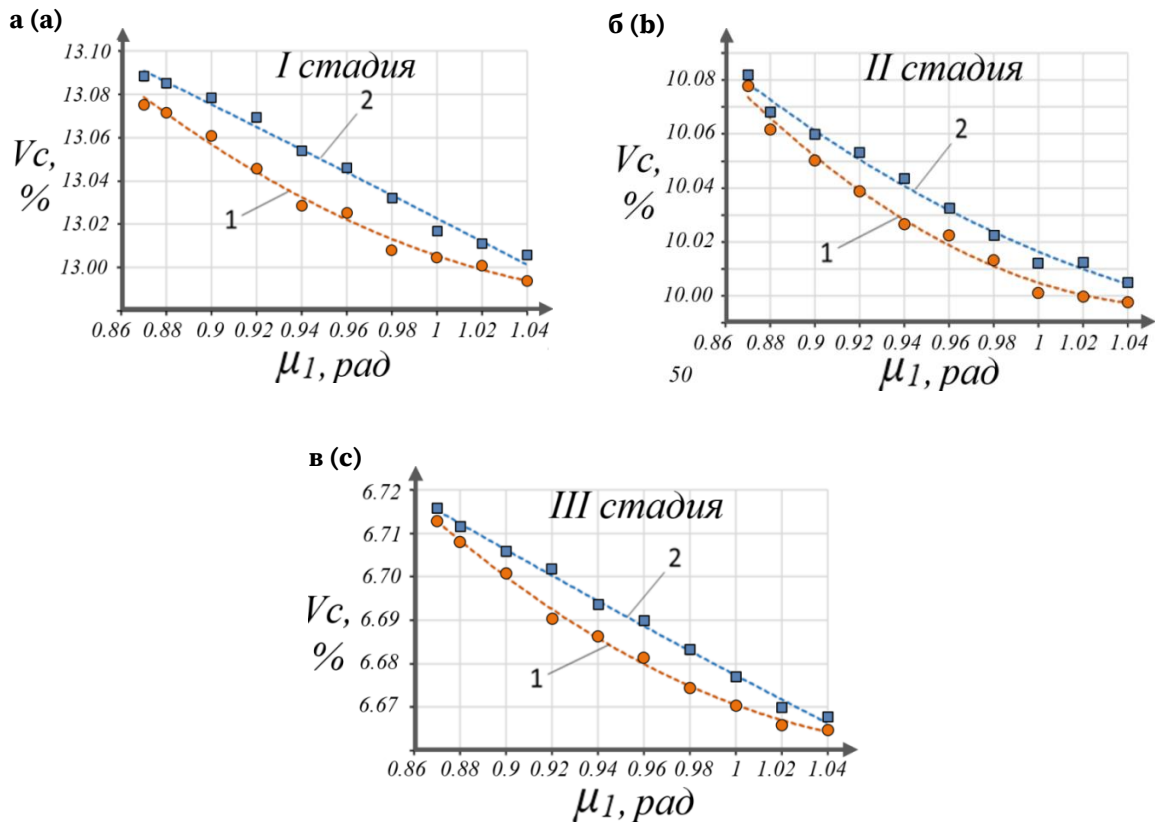


Рис. 5. Зависимость $V_c = V_c(\mu_1)$ для смеси манной крупы ГОСТ 7022-2019 и песка ГОСТ 8736-2014 при трехстадийном способе: $\Delta = 1.50$; стадия трехстадийного способа:

I – первая $\tau = 1$; II – вторая $\tau = 2$; III – третья $\tau = 3$; 1 – $\omega = 46 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$; 2 – $\omega = 49 \text{ рад}\cdot\text{с}^{-1}$; пунктирные линии – регрессионные зависимости, точки – экспериментальные данные;

а – на первой стадии ($\tau = 1$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\mu_1) = 15 - 3.6\mu_1 + 1.6\mu_1^2; 2 - V_c(\mu_1) = 13.5 - 0.4\mu_1 - 0.07\mu_1^2;$$

б – на второй стадии ($\tau = 2$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\mu_1) = 12.3 - 4.3\mu_1 + 2\mu_1^2; 2 - V_c(\mu_1) = 11.4 - 2.47\mu_1 + 1.07\mu_1^2;$$

в – на третьей стадии ($\tau = 3$); регрессионные зависимости (regression dependences):

$$1 - V_c(\mu_1) = 7.9 - 2.2\mu_1 + \mu_1^2; 2 - V_c(\mu_1) = 7.05 - 0.48\mu_1 + 0.1\mu_1^2$$

Fig. 5. Dependence $V_c = V_c(\mu_1)$ for semolina GOST 7022-2019 and sand GOST 8736-2014 mixture with a three-stage method: $\Delta = 1.50$; stage of the three-stage method:

I – first $\tau = 1$; II – second $\tau = 2$; III – third $\tau = 3$; 1 – $\omega = 46 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$; 2 – $\omega = 49 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$;

dotted lines – regression dependences, points – experimental data;

a – at first stage ($\tau = 1$); **b** – at second stage ($\tau = 2$); **c** – at third stage ($\tau = 3$)

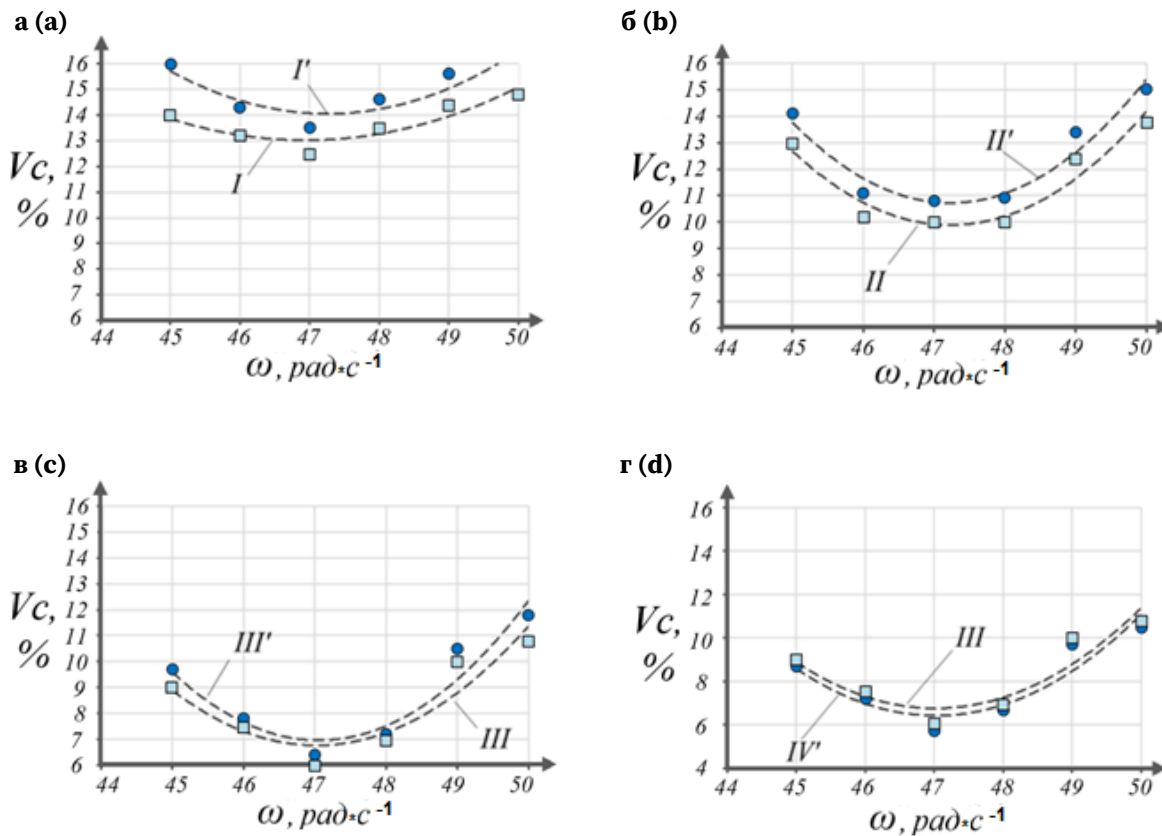


Рис. 6. Зависимость $V_c = V_c(\omega)$ для смеси манной крупы ГОСТ 7022-2019 и песка ГОСТ 8736-2014: $\mu_1 = 0.96$ рад; $\Delta = 1.50$; стадия трехстадийного способа: I – первая $\tau = 1$; II – вторая $\tau = 2$; III – третья $\tau = 3$; стадия четырехстадийного способа: I' – первая $\tau = 1$; II' – вторая $\tau = 2$; III' – третья $\tau = 3$; IV' – четвертая $\tau = 4$; пунктирные линии – регрессионные зависимости, точки – экспериментальные данные; **а** – на первой стадии ($\tau = 1$); регрессионные зависимости (regression dependences):
 $I - V_c(\omega) = 501 - 20.8\omega + 0.22\omega^2$; $I' - V_c(\omega) = 739.9 - 30.7\omega + 0.33\omega^2$;
б – на второй стадии ($\tau = 2$); регрессионные зависимости (regression dependences):
 $II - V_c(\omega) = 1261 - 53\omega + 0.56\omega^2$; $II' - V_c(\omega) = 1373.1 - 57.7\omega + 0.61\omega^2$;
в – на третьей стадии ($\tau = 3$); регрессионные зависимости (regression dependences):
 $III - V_c(\omega) = 1172 - 50\omega + 0.53\omega^2$; $III' - V_c(\omega) = 1382.9 - 58.5\omega + 0.62\omega^2$;
г – на четвертой стадии ($\tau = 4$); регрессионная зависимость (regression dependences):
 $IV' - V_c(\omega) = 1171.4 - 49.5\omega + 0.52\omega^2$

Fig. 6. Dependence $V_c = V_c(\omega)$ for semolina GOST 7022-2019 and sand GOST 8736-2014 mixture: $\mu_1 = 0.96$ rad; $\Delta = 1.50$; stage of the three-stage method: I – first $\tau = 1$; II – second $\tau = 2$; III – third $\tau = 3$; stage of a four-stage method: I' – first $\tau = 1$; II' – second $\tau = 2$; III' – third $\tau = 3$; IV' – fourth $\tau = 4$; dotted lines - regression dependences, points - experimental data; **a** – at first stage ($\tau = 1$); **b** – at second stage ($\tau = 2$); **c** – at third stage ($\tau = 3$); **d** – at the fourth stage ($\tau = 4$)

Учитывая незначительную разницу в значениях V_c , данное обстоятельство позволяет выдать рекомендации по снижению энергетических затрат путем использования меньшего количества ступеней процесса смешивания.



Таким образом, проведенные экспериментальные исследования процесса смешения зернистых компонентов 1:10 на примере манной крупы ГОСТ 7022-2019 и природного песка ГОСТ 8736-2014 позволили выявить целесообразность применения первых трех стадий данной технологической операции без потери качества итогового продукта. В ходе выполнения опытных испытаний лабораторной установки гравитационного смесителя с дополнительными смесительными элементами (гибкими щетками и наклонным отбойником) на каждой стадии осуществления операции смешения установлены параметры, оказывающие наиболее значительное влияние на эффективность работы аппарата. К таким параметрам относятся: относительная деформация гибких элементов Δ , угловая скорость ω вращения ротационного устройства, угол наклона отбойника μ_1 . Для третьей стадии смешения при изменении установленных наиболее значимых факторов (Δ , ω , μ_1) в их выбранных рациональных диапазонах изменения полученные минимальные значения для коэффициента неоднородности имеют пределы 6.0–7.2%. Данный интервал для значений показателя качества готового зернистого продукта не превышает регламентный уровень 7.5%.

ВЫВОДЫ

По результатам экспериментального исследования качества продукции при использовании лабораторного гравитационного аппарата для смешивания сыпучих материалов можно сделать следующие выводы.

1. Доказана эффективность непрерывного смешивания зернистых компонентов с соотношением объемных долей 1:10 и выше в разреженных потоках, формируемых гибкими элементами и отбойником, при транспортировании частиц гравитационным способом. Таким образом, получено перспективное направление для расчета оборудования с высокой производительностью и низкими энергозатратами.

2. Область применения результатов распространяется как на использованные в опытах материалы - песок ГОСТ 8736-2014 и манную крупу ГОСТ 7022-2019, так и на все вещества I-III класса сыпучести по методике Керра, в том числе широкий спектр строительных материалов, необходимых для производства дорожных покрытий, дренажных систем, дисперсно-упрочненных композитов.

3. Выявленные рациональные диапазоны изменения конструктивно-режимных параметров работы описанной лабораторной установки ($\Delta = 1.50$, $n = 450 \text{ мин}^{-1}$ или $\omega = 47 \text{ рад} \cdot \text{с}^{-1}$, $\mu_1 = 55^\circ = 0.96 \text{ рад}$) способствуют разработке соответствующих рекомендаций при реализации проектирования нового трехстадийного смесительного аппарата непрерывного действия согласно промышленным нуждам.

4. Установлено, что коэффициент неоднородности V_c более зависим от значений относительной деформации гибких элементов Δ и угловой скорости ω вращения ротационного устройства, чем от значения угла наклона отбойника μ_1 в исследуемых пределах варьирования данных параметров. Таким образом, можно рассчитать коэффициенты усиления вышеуказанных управляющих воздействий по отношению к показателю качества на этапе оснащения проектируемого смесительного агрегата системой автоматического управления.

5. Экспериментально подтверждена целесообразность применения трехстадийного способа смешивания по сравнению с четырехстадийным методом вследствие более низкого



энергопотребления (на 25% меньше) в первом подходе и незначительного превосходства по качеству продукции (в 1.07 раз) последнего.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бородулин Д.М.** Повышение эффективности процесса смешивания при получении комбинированных продуктов в смесительных агрегатах центробежного типа: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. 05.18.12. Кемерово. 2013. 38 с.
2. **Зайцев А.И., Лебедев А.Е., Капанова А.Б., Верлока И.И.** Патент РФ № 2586126. Оpubл. 10.06.2016. Бюл. № 16.
3. **Макаров Ю.И.** Аппараты для смешения сыпучих материалов. М.: Машиностроение. 1973. 216 с.
4. **Капанова А.Б., Верлока И.И.** Моделирование критерия качества смеси в объеме барабанно-ленточного устройства. Хим. и нефтегаз. машиностроение. 2018. Т.54. № 5. С. 3-9.
5. **Зайцев А.И., Лебедев А.Е., Капанова А.Б., Верлока И.И., Бадаева Н.В., Ватагин А.А., Лебедев Д.В.** Патент РФ № 2620387. Оpubл. 25.05.2017. Бюл. № 15.
6. **Гячев Л.В.** Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. М.: Mashizd. 1968. 184 с.
7. **Глейзер М.И.** Определение физических характеристик горных пород в макшлейдерско-геологической практике. М.: Недра. 1969. 78 с.
8. **Лукьянов П.И.** Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет. М.: Химия. 1974. 181 с.
9. **Кузьмин И.О.** Моделирование процесса струйного смешивания сыпучих материалов с последующим уплотнением в новом аппарате с подвижной лентой: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.17.08. Ярославль. 2009. 16 с.

Поступила в редакцию 29.11.2021

Принята к опубликованию 08.12.2021

REFERENCES

1. **Borodulin D.M.** Increasing the efficiency of mixing in the production of combined products in centrifugal mixing units. Extended Abstract of Doctoral Dissertation. Kemerovo. 2013. 38 p. (in Russian).
2. **Zaytsev A.I., Lebedev A.E., Kapranova A.B., Verloka I.I.** RF Patent N 2586126. Publ. 06.10.2016 (in Russian).
3. **Makarov Yu.I.** Apparatuses for mixing bulk materials. M.: Mashinostroenie. 1973. 216 p. (in Russian).
4. **Kapranova A.B., Bakin M.N., Verloka I.I.** Simulation of the Quality Criterion of a Mixture in a Drum-Belt Apparatus. Chemical and Petroleum Engineering. 2018. V. 54. № 5-6. P. 287-297. DOI: 10.1007/s10556-018-0477-0 (in Russian).
5. **Zaytsev A.I., Lebedev A.E., Kapranova A.B., Verloka I.I. Badaeva N.V., Vatagin A.A., Lebedev D.V.** RF Patent N 2620387. Publ. 25.05.2017 (in Russian).
6. **Gyachev L.V.** Movement of bulk materials in pipes and bins. M.: Mashizd. 1968. 184 p. (in Russian).



7. **Glejzer M.I.** Determination of physical characteristics of rocks in surveying and geological practice. M. : Nedra. 1969. 78 p. (in Russian).
8. **Luk'yanov P.I.** Devices with a moving granular layer. Theory and calculation. M.: Khimiya. 1974. 184 p. (in Russian).
9. **Kuzmin I.O.** Modeling of the process of jet mixing of bulk materials with subsequent compaction in a new apparatus with a moving belt. Extended Abstract of Candidate Dissertation. Yaroslavl. 2009. 16 p. (in Russian).

Received 29.11.2021

Accepted 08.12.2021



УДК 691.57:621.357:621.182.113

Применение гальваношламов в составе пигментной части одноупаковочной силикатной краски

А.В. Калинин, П.Б. Разговоров, А.А. Игнатъев

Алексей Вячеславович Калинин

Кафедра гидротехнического и дорожного строительства, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: kalininav@ystu.ru

Павел Борисович Разговоров

Управление организации научно-исследовательской и интеллектуальной деятельности, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: razgovorovpb@ystu.ru

Алексей Александрович Игнатъев

Кафедра гидротехнического и дорожного строительства, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: ignatyeva@ystu.ru



Показаны преимущества использования силикатных красок как экологически чистых лакокрасочных материалов для современного строительства при обработке фасадов, интерьеров зданий и сооружений. Подчеркивается актуальность разработки одноупаковочных составов, в особенности с включением натриевого жидкого стекла в качестве связующего вещества. Выявлена возможность замены традиционных минеральных компонентов в составе пигментной части на тонкодисперсные отходы – гальваношламы. Это позволяет производить утилизацию шламов и снизить стоимость производства силикатной краски.

Ключевые слова: силикатные краски, мочевины, гальваношламы, физико-химические и эксплуатационные свойства

Для цитирования:

Калинин А.В., Разговоров П.Б., Игнатьев А.А. Применение гальваношламов в составе пигментной части одноупаковочной силикатной краски. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 62-73 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_62



Application of electroplating slams in the pigment part of a single-pack silicate paint

A.V. Kalinin, P.B. Razgovorov, A.A. Ignatyev

Alexey V. Kalinin

Hydraulic and Road Engineering Department, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: kalininav@ystu.ru

Pavel B. Razgovorov

Department of Organization of Research and Intellectual Activity, Yaroslavl State Technical University,
Yaroslavl, Russia

E-mail: razgovorovpb@ystu.ru

Alexey A. Ignatyev

Hydraulic and Road Engineering Department, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: ignatyevaa@ystu.ru



The advantages of using silicate paints as environmentally friendly paint and varnish materials for modern construction in the processing of facades, interiors of buildings and structures is shown. The urgency of the development of single-pack formulations, especially with the inclusion of sodium liquid glass as a binder, is emphasized. The possibility of replacing the traditional mineral components in the composition of the pigment part with finely dispersed waste – electroplating slams has been revealed. This allows the disposal of slams and reduces the cost of production of silicate paint.

Key words: silicate paints, urea, electroplating slams, physico-chemical and operational properties

For citation:

Kalinin A.V., Razgovorov P.B., Ignatyev A.A. Application of electroplating slams in the pigment part of a single-pack silicate paint. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 62-73 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_62



ВВЕДЕНИЕ

Применяемые в России и за рубежом силикатные краски характеризуются негорючестью, нетоксичностью, дешевизной сырья, технологичностью и наличием реальной промышленной базы. Их состав и строение веществ в основе, объясняющие причину активного использования для отделки фасадов зданий, описаны в [1]. Такие композиции имеют высокий показатель адгезии к бетону, асбоцементу, кирпичу и эффективно используются в строительстве для защиты минеральных и металлических поверхностей [2, 3]. Они предохраняют стены от увлажнения, а поверхность можно мыть, что имеет большое значение при окрашивании жилых домов [4].

В составе силикатных красок в качестве щелочного раствора применяют калиевое или натриевое, а в отдельных случаях – литиевое жидкое стекло. Пигментирующая часть, как правило, включает вещества минерального происхождения (мел, тальк, оксид цинка или борат кальция), которые образуют суспензию. Органические растворители в составе отсутствуют. При этом материал поверхности сцепляется с пленкой с высокой степенью надежности, определяемой родом материала, сроком твердения и условиями окружающей среды.

В СССР силикатные краски появились в 1930-х годах, но из-за недостатка исходного сырья для производства они не получили широкого распространения. Во второй половине XX столетия вновь был поднят актуальный вопрос о применении силикатных красок в строительстве. При этом проведенные исследования [5] показали, что при соблюдении оптимальной технологии приготовления, нанесения и сушки краски атмосферостойкость композиции, включающей борат кальция (марка Б), не уступает таковой с включением оксида цинка (марка А), что позволяет применять ее для наружных работ.

На протяжении долгого времени для силикатных красок применяли калиевое жидкое стекло. Однако, в связи с дефицитностью поташа исследования красок, проводили, в основном, на основе силиката натрия. Следует учитывать, что применение последнего сдерживает недостаточная водоустойчивость получаемых покрытий и необходимость введения дополнительных компонентов. Также, в связи с особенностями процесса твердения силикатных красок, возникают затруднения при их использовании потребителем в связи с тем, что без специальных добавок они характеризуются невысокой жизнеспособностью и выпускаются двухупаковочными [6] (отдельно жидкое стекло и отдельно сухая пигментная часть). Это сказывается на повышении трудо- и энергозатрат при смешении компонентов на строительной площадке.

Проблема получения жизнеспособных и стабильных при продолжительном хранении силикатных красок была решена в 1980-е годы на германских предприятиях [7]. Были разработаны одноупаковочные силикатные краски на основе калиевого жидкого стекла, модифицированного полиакрилатами, со сроком хранения до 6 месяцев с даты изготовления. В начале 1990-х годов были проведены соответствующие исследования в Ивановской государственной химико-технологической академии (Российская Федерация) с целью получения более дешевой одноупаковочной водостойкой краски на основе недефицитного натриевого жидкого стекла. Задача была решена путем модификации натриевого жидкого стекла мочевиной [8]. Кроме того, была предложена возможность удешевления состава за счет использования в сухой пигментной части отходов промышленных производств.

В настоящее время одноупаковочные силикатные краски производят многие зарубежные компании, в частности, ALCRO-BECKERS AB и VIVACOLOR (Швеция), ALLIGATOR и



CARAPOL (Германия), JUB (Словения), TIKKURILA (Финляндия) и др. Такие краски рекомендованы для использования в строительстве в странах Союза Независимых Государств [9] и Российской Федерации [10, 11].

В Институте общей и неорганической химии Национальной Академии наук Беларуси с 2009 г. проводятся работы по разработке составов защитных и упрочняющих материалов полифункционального назначения. В результате проведения исследований была разработана однокомпонентная силикатная краска, представляющая собой композицию на основе калиевого жидкого стекла (ГОСТ 18958-73). В нее входят неактивные щелочестойкие наполнители и пигмент (диоксид титана), вододисперсный полимер и вспомогательные вещества (диспергатор, загуститель, пеногаситель), устойчивые в области высоких pH, а также специальные добавки, способствующие двойному окремнению силикатных покрытий и придающие поверхности гидрофобность («эффект лотоса»). Краска обеспечивает диффузию водяного пара, водоотталкивающие свойства покрытий, демонстрирует хорошие физико-механические свойства и оптимально защищает окрашиваемую поверхность от влаги [9].

Ознакомление с результатами ранее проведенных работ показало, что проблема разработки одноупаковочных силикатных красок по-прежнему актуальна, особенно с использованием натриевого жидкого стекла. Анализ [8] показал, что такие материалы могут быть получены в производственных условиях путем реализации несложного технологического цикла. Характерно, что, помимо традиционных минеральных компонентов, допускается использование тонкодисперсных отходов промышленности.

Известным приемом защиты поверхности изделий от коррозии является гальваническое нанесение пленок одних металлов на другие [3, 12]. В результате образуются гальваношламы – токсичные отходы машиностроительной промышленности, имеющие II–III класс опасности для экосистем. Обычно они представляют собой порошковую дисперсию бурого-коричневого цвета, содержащую тяжелые металлы – цинк, никель, хром, медь, олово, свинец [13].

Переработанные в порошок гальваношламы, содержащие ионы тяжелых металлов, можно считать аналогами полиметаллических руд [14]. Накопленный за долгие годы объем материала в условиях истощения запасов природных ископаемых является источником ценного сырья для различных отраслей промышленности. При этом решаются две задачи – утилизация отхода, повышающего напряженность экосистемы, и максимальное использование материала в производственном цикле, что является целесообразным с экономической точки зрения.

На сегодняшний день разработаны различные способы утилизации и обезвреживания гальваношламов. В частности, они используются в промышленном производстве удобрений, абразивных материалов, сорбентов, катализаторов, антипиренов, пигментов, цемента, а также строительных материалов – керамики, керамзита, кирпича, бетона. В [13] указывается на возможность применения измельченного гальваношлама в качестве пигмента в составе различных окрасочных композиций.

Целью настоящей работы является изучение принципиальной возможности применения гальваношламов, получаемых на машиностроительных предприятиях Ярославской области, в пигментном составе одноупаковочных силикатных красок с включением модификатора мочевины, а также физико-химических свойств покрытий на основе разработанных составов.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования возможности применения переработанного гальваношлама в качестве пигмента были изготовлены образцы одноупаковочных силикатных красок, состав которых включает традиционные пигменты – титановые и цинковые белила, а также измельченные гальваношламы Ярославского завода дизельной аппаратуры и Тутаевского моторного завода (в виде порошка красно-бурого цвета) (табл. 1).

Табл. 1. Опытные составы силикатных красок

Table 1. Experimental compositions of silicate paints

Наименование компонентов	№ состава			
	1	2	3	4
Модифицированное мочевиной натриевое жидкое стекло плотностью 1.40 г·см ⁻³ , г	36.6	36.6	36.6	36.6
Вода, г	14.8	14.8	14.8	14.8
Сухая пигментная часть, г, в том числе:	36.6	36.6	36.6	36.6
– мел порошок, г	25.6	25.6	25.6	25.6
– тальк порошок, г	5.5	5.5	5.5	5.5
– титановые белила порошковые, г	5.5	–	–	–
– цинковые белила	–	5.5	–	–
– гальваношлам Ярославского завода дизельной аппаратуры	–	–	5.5	–
– гальваношлам Тутаевского моторного завода	–	–	–	5.5
Латекс бутадиен-стирольный, г	12	12	12	12
Всего, г	100.0	100.0	100.0	100.0

Для полученных образцов силикатных красок были проведены испытания по следующим характеристикам, дающим основное представление об их физико-химических и эксплуатационных свойствах.

Укрывистость – способность материала делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности (ГОСТ 8784-75). Укрывистость показывает, сколько сухой пленки испытуемого материала необходимо, чтобы укрыть один квадратный метр непигментирующей контрастной поверхности, и характеризует расход краски на единицу площади окрашиваемой поверхности.

Измерение кроющей способности краски проведено методом определения укрывистости на черно-белой подложке по ГОСТ 8784-75, раздел 3.

На стеклянные пластинки размером 120x90x1.4 мм, предварительно протертые тканью, смоченной ацетоном, и насухо протертые чистой и сухой тканью, взвешенные с точностью до второго десятичного знака, наносили один-два слоя лакокрасочного материала. Стекланную пластинку с красочным материалом клали на шахматную доску и наблюдали при рассеянном дневном свете, просвечивают ли белые и черные поля. Если поля просвечивали, наносили на



пластинку последовательно новые слои материала до тех пор, пока полностью не исчезала разница между белыми и черными полями. После полного укрытия стеклянную пластинку взвешивали с точностью до второго десятичного знака, сушили и снова взвешивали. Перед взвешиванием и высушиванием удаляли потеки красочного материала с обратной стороны и с ребер пластинки. Каждый раз перед нанесением нового слоя лакокрасочный материал перемешивали.

Расчет показателя укрывистости проводился для масляных красок малярной консистенции по ГОСТ 8784-75, раздел 3. Укрывистость высушенной пленки вычисляли как отношение массы краски, нанесенной на пластинку, к площади окрашивания.

Смываемость (прочность при смывании пленки краски) – выражается в количестве покрытия, смытого с поверхности заданным количеством воды при трении щеткой. Характеризует способность лакокрасочного покрытия противостоять атмосферным и механическим воздействиям.

Для определения смываемости на стеклянные пластинки размером 120x90x1.4 мм, предварительно протертые тканью, смоченной ацетоном, насухо протертые чистой и сухой тканью, с помощью щетинной кисти нанесли готовую силикатную краску. Отверждение пленки происходило в стеклянном шкафу при комнатной температуре в течение 24 ч. Стеклянные пластинки с отвержденным покрытием взвешивали на аналитических весах. Затем в течение 30 с под струей воды с температурой (293 ± 2) К терли покрытие круговыми движениями зубной щеткой при нагрузке (20 ± 2) Н. Затем пластинки с покрытиями высушивали в стеклянном шкафу при комнатной температуре в течение суток и взвешивали на аналитических весах. Смываемость краски определяли как отношение разницы в массе пластинки с покрытием до испытания и после к первоначальной площади покрытия.

Адгезия – отвечает за качество сцепления лакокрасочной плёнки с поверхностью.

Адгезию оценивали по методу решетчатого надреза. На однослойное покрытие по линейке лезвием наносили на расстоянии 1 мм пять параллельных и перпендикулярных надрезов (в виде решетки). Сверху наклеивали отрезок изоленды и резко отрывали. Результат оценки связывали с количеством отслоенных квадратов в баллах: 1 балл – отсутствие отслоившихся фрагментов; 2 балла – отслоение 5%; 3 балла – отслоение 35%; 4 балла – отслоение более 35%.

Водоустойчивость – способность покрытия максимально противостоять разрушающему действию воды при длительной эксплуатации окрашенных поверхностей.

Для определения водоустойчивости готовую силикатную краску наносили при помощи щетинной кисти на стеклянные пластинки размером 120x90x1.4 мм, предварительно протертые тканью, смоченной ацетоном, и насухо протертые чистой и сухой тканью. Отверждение пленки осуществляли в течение суток в стеклянном шкафу при комнатной температуре. Пластинку с покрытием погружали на 2/3 ее длины в стеклянный стакан, наполненный дистиллированной водой, и выдерживали в воде 24 ч. Перед осмотром покрытие высушивали 1-2 ч при комнатной температуре. Трением пальцев руки о поверхность сухого покрытия судили о степени его вымелывания.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для каждого состава проводили отдельные испытания. Полученные результаты приведены в таблице 2.

**Табл. 2.** Физико-химические и эксплуатационные свойства силикатных красок**Table 2.** Physico-chemical and operational properties of silicate paints

Показатель	№ состава			
	1	2	3	4
Укрывистость, г·м ⁻²	321	338	181	330
Смываемость, г·м ⁻²	21.3	14.8	9.1	6.9
Адгезия, баллы	1	1	2	2
Стойкость при статическом воздействии воды	вымеливает	вымеливает	вымеливает слабо	вымеливает

На практике ГОСТ 18958-73 не предъявляет специальных требований к физико-химическим и эксплуатационным свойствам силикатных красок. Исходя из требований нормативных документов к водно-дисперсионным фасадным краскам, рекомендуемая укрывистость для них – 150–200 г/м², смываемость – 2–4 г/м², адгезия – 1 балл (покрытие не отслаивается). Изученные аналоги силикатных красок, рекомендованные для окрашивания фасадов и схожие по составу, имеют следующие физико-химические и эксплуатационные свойства: укрывистость – 200–250 г/м²; устойчивость к статическому действию воды – без изменений; адгезия – 1 балл.

Краски с включением гальваношамов в качестве пигментов, нанесенные на бетонные образцы, после высыхания приобретают насыщенный красно-коричневый цвет (рис. 1).

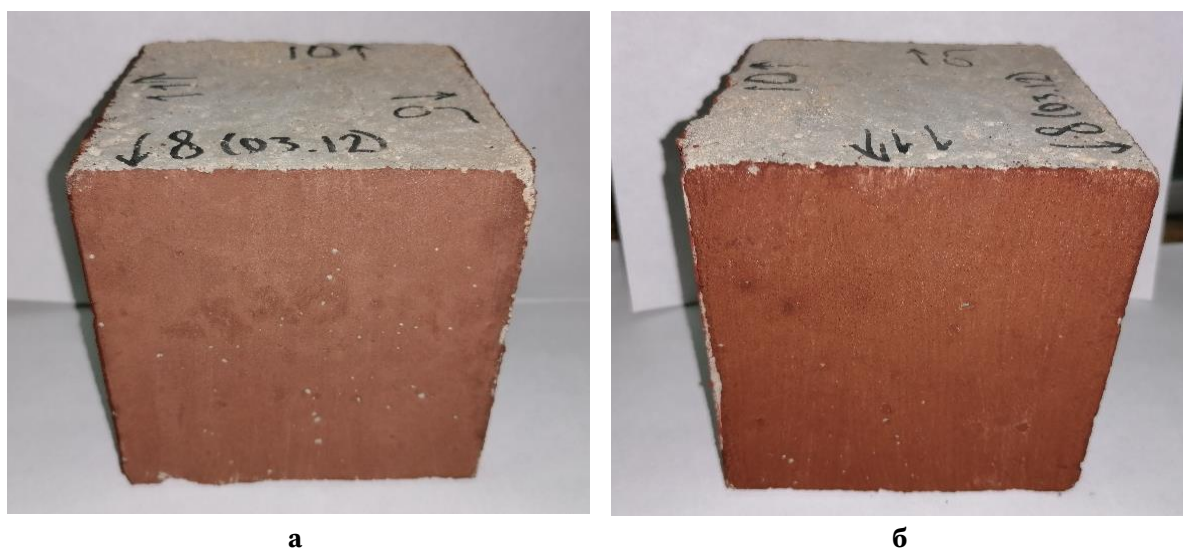


Рис. 1. Силикатные краски с включением гальваношамов, нанесенные на цементобетонные образцы

образцы: **а** – гальваношлам Ярославского завода дизельной аппаратуры;

б – гальваношлам Тутаевского моторного завода

Fig. 1. Silicate paints with the inclusion of galvanic slurries applied to cement concrete samples:

a – electroplating of the Yaroslavl Diesel Equipment Plant;

b – electroplating of the Tutaevskiy Motor Plant

Полученные силикатные краски не имеют запаха и легко наносятся кистью на бетон. Все составы имеют однородную консистенцию, стабильны при хранении не менее 4 месяцев и могут транспортироваться в одноупаковочном виде. Перед применением рекомендуется про-



изводить кратковременное перемешивание системы. Для получения ровного плотного покрытия достаточно однократного нанесения, однако двукратное нанесение дает лучший результат. Краски быстро впитываются в поверхность и высыхают, образуя тонкослойное покрытие.

Анализ результатов испытаний показывает, что рассматриваемые составы при довольно большом расходе на окрашивание характеризуются хорошей адгезией к стеклянной подложке, однако имеют недостаточную стойкость при статическом воздействии воды на покрытие. При этом составы с гальваношлами в качестве пигмента по своим физико-химическим и основным эксплуатационным свойствам не уступают таковым с включением традиционной пигментной части. Состав силикатной краски с добавкой в состав сухой пигментной части до 15% мас. гальваношлама Ярославского завода дизельной аппаратуры рекомендуется к апробации в условиях промышленного производства.

ВЫВОДЫ

Показана возможность применения гальваношлов в качестве пигмента при производстве одноупаковочных силикатных красок. Выявлено, что краски с включением в состав пигментной части 15% мас. гальваношлов, содержащих медь, цинк, никель, хром, олово и свинец, имеют естественный красно-коричневых цвет, характерный для керамического кирпича, что позволяет рекомендовать их для окрашивания фасадов зданий. При этом достаточно высокая смываемость полученных покрытий при воздействии на них нагрузки 20 ± 2 Н требует проведения дальнейших исследований с целью оптимизации данного показателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Китайчик Ф.** Силикатные фасадные краски: состав и строение (обзор литературы). ЛКМ и их применение. 2008. № 3. С. 18-21.
2. **Разговоров П.Б., Игнатьев А.А., Абрамов М.А., Нагорнов Р.С.** Переработка алюмосиликатного сырья и отвалов строительства метрополитена в композиционные сорбенты для очистки водных и маслосодержащих сред. Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1. Вып. 1. С. 10-26. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020.
3. **Лукомский Ю.Я., Горшков В.К., Разговоров П.Б.** Гальванические и лакокрасочные покрытия на алюминии и его сплавах. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2010. 239 с.
4. **Климанова Е.А., Барщевский Ю.А., Жилкин И.Я.** Силикатные краски. М.: Стройиздат. 1968. 86 с.
5. **Корюкин А.В.** Защитно-декоративные силикатные покрытия. ЛКМ и их применение. 1990. № 1. С. 34-38.
6. **Лендова Н.А., Коробовцева Т.А., Погребницкая Г.В.** Краски на основе жидкого стекла. ЛКМ и их применение. 1989. № 3. С. 101-103.
7. **Агафонов Г.И., Безгузикова И.А., Ицко Э.Ф.** Силикатные лакокрасочные материалы. М.: НИИТЭХИМ. 1989. 46 с. (Хим. пром-ть. Обзор. информация. Сер. «Лакокрасоч. пром-сть»).
8. **Разговоров П.Б.** Научные основы создания композиционных материалов из технических и природных силикатов. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2008. 32 с.
9. **Шинкарева Е.В.** Однокомпонентная силикатная краска на основе жидкого калиевого стекла производства ОАО «Домановский ПТК». ЛКМ и их применение. 2013. № 6. С. 28-33.



10. **Матвеев Л.Г., Лазарева В.В., Шкуро В.Г., Федотов А.И.** Патент РФ № 2007430. 1994.
11. **Гуляев А.А., Непомилуев А.М., Земляной К.Г.** Патент РФ 2272820 РФ. 2006.
12. **Юрова Н.А., Филиппова О.П.** Образование гальваношламов и способы их утилизации. Химия. Экология. Урбанистика: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников (с междунар. участием). Пермь. 20-21 апреля 2017 г. Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехн. ун-та. 2017. С. 631-635.
13. **Соколов Э.М., Макаров В.М., Володин Н.И.** Комплексная утилизация гальваношламов машиностроительных предприятий: монография. М.: Машиностроение. 2005. 288 с.
14. **Иванова Е.В., Степанов Е.Г., Абрамов М.А.** Исследование свойств пигментов и наполнителей, полученных из гальваношламов машиностроительных производств. Вест. Рыбинск. гос. авиац. технол. акад. им. П.А. Соловьева. 2014. № 4 (31). С. 85-89.

Поступила в редакцию 10.11.2021

Принята к опубликованию 17.11.2021

REFERENCES

1. **Kitaichik F. Silicate architecture lpaints: composition and structure** (literary review). Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye. 2008. N 3. P. 18-21 (in Russian).
2. **Razgovorov P.B., Ignatyev A.A., Abramov M.A., Nagornov R.S.** Processing of raw aluminosilicates and subway construction dumps into composite sorbents for purification of water and oil-containing media. Smart Composite in Construction. 2020. V. 1. N 1. P. 10-26; URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020 (in Russian).
3. **Lukomskiy Yu.Ya., Gorshkov V.K., Razgovorov P.B.** Galvanic and paint coatings on aluminum and its alloys. Ivanovo: Ivan. gos. him.-tekhnol. un-t. 2010. 239 p. (in Russian).
4. **Klimanova E.A., Barshchevsky Yu.A., Zhilkin I.Ya.** Silicate paints. M.: Stroyizdat. 1968. 86 p. (in Russian).
5. **Koryukin A.V.** Protective and decorative silicate coatings. Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye. 1990. N 1. P. 34-38 (in Russian).
6. **Lendova N.A., Korobovtseva T.A., Pogrebetskaya G.V.** Paints based on liquid glass. Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye. 1989. N 3. P. 101-103 (in Russian).
7. **Agafonov G.I., Bezguzikova I.A., Itsko E.F.** Silicate paint and varnish materials. M.: NIITEKHIM.1989. 46 p. (Khim. prom-t'. Obzor. informaciya. Ser. «Lakokrasoch. prom-st'») (in Russian).
8. **Razgovorov P.B.** Scientific bases of creation of the composite materials from technical and natural silicates. Extended abstract of dissertation for doctor degree on technical sciences. Ivanovo: ISUCT. 2008. 32 p. (in Russian).
9. **Shinkareva E.V.** One-component silicate paint based on liquid potassium glass produced by JSC «Domanovsky PTK». Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye. 2013. N 6. P. 28-33 (in Russian).
10. **Matveev L.G., Lazareva V.V., Shкуро V.G., Fedotov A.I.** Patent Russia N 2007430. 1994.
11. **Gulyaev A.A., Nepomiluyev A.M., Zemlyanoi K.G.** Patent Russia N 2272820. 2006.
12. **Yurova N.A., Filippova O.P.** Formation of galvanic sludge and methods of their disposal. Khimiya. Ekologiya. Urbanistika: materialy Vserossiyskoy naucho-prakticheskoy konferentsii molodykh uchennykh, aspirantov, studentov i shkolnikov (s mezhdunarodnym uchastiyem). g. Perm'. 20-21 aprelya 2017 g. Perm': Izd-vo Permskogo nac. issled. politekhn. un-ta. 2017. P. 631-635 (in Russian).



13. **Sokolov E.M., Makarov V.M., Volodin N.I.** Complex utilization of electroplating sludge of machine-building enterprises: monograph. M.: Mashinostroenie. 2005. 288 p. (in Russian).
14. **Ivanova E.V., Stepanov E.G., Abramov M.A.** Investigation of the properties of pigments and fillers obtained from electroplating sludge of machine-building industries. Vestnik Rybinskoy gosudarstvennoy aviatsionno-tekhnologicheskoy akademii im. P.A. Solovyeva. 2014. N 4(31). P. 85-89 (in Russian).

Received 10.11.2021

Accepted 17.11.2021



УДК 691.17

Эффективный модификатор асфальтобетонов на основе пластиковых отходов

Д.В. Бессонов¹, М.Д. Бессонов²

Дмитрий Владиславович Бессонов

¹ТОО «ПП Автодор», г. Алматы, Республика Казахстан

Михаил Дмитриевич Бессонов

²Университет Глазго, Глазго, Великобритания

E-mail: dima19-65@mail.ru



Статья посвящена исследованию возможности получения эффективных полимерных модификаторов для асфальтобетонных смесей на основе полимерных бытовых отходов. Приведены результаты лабораторных испытаний составов полимерасфальтобетонов для покрытий автодорог, а также сравнительные испытания щебеночно-мастичных полимерасфальтобетонов с различными модификаторами.

Ключевые слова: полимерасфальтобетон, полимерная модифицирующая добавка, щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон, полимер-битумные вяжущие, полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэтилентерефталат

Для цитирования:

Бессонов Д.М., Бессонов М.Д. Эффективный модификатор асфальтобетонов на основе пластиковых отходов. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 74-83 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_74



Effective asphalt concrete modifier based on plastic waste

D.V. Bessonov¹, M.D. Bessonov²

Dmitry V. Bessonov

¹TOO «PP Avtodor», Almaty, Kazakhstan

Mikhail D. Bessonov

²University of Glasgow, Glasgow, Great Britain

E-mail: dima19-65@mail.ru



The article studies the possibility of obtaining effective polymer modifiers for asphalt mixtures that are based on polymeric household waste. The results of laboratory tests of polymer-asphalt concrete compositions for road coatings, as well as results of comparative tests of crushed stone mastic polymer asphalt concrete with various modifiers are provided. Test results confirm the effectiveness of the CPDA® additive and the possibility of its use in the production of stone mastic polymer asphalt mixes.

Key words: polymer asphalt concrete, polymer modifying additive, stone mastic polymer asphalt concrete, polymer bitumen binders, polyethylene, polypropylene, polystyrene, polyethylene terephthalate

For citation:

Bessonov, D.V., Bessonov, M.D. Effective asphalt concrete modifier based on plastic waste. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 74-83 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_74



ВВЕДЕНИЕ

Одним из результатов антропогенной деятельности является образование отходов, среди которых отходы пластмасс занимают особое место. В среднем в мире 12% всех муниципальных отходов приходится на долю пластика, а по данным на 2016 год, в мире было произведено 242 млн. т таких отходов [1]. В некоторых развитых странах использование пластика превышает 100 кг на человека в год [2]. Проблема переработки отходов полимерных материалов актуальна не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом. При этом объемы утилизации полимерных отходов все еще недостаточны. В Европейских странах по данным на 2018 год всего треть пластика была переработана во вторичные полимеры (32,5%), 42,6% было утилизировано путем сжигания для производства электрической или тепловой энергии [3]. При этом сжигание пластика приводит к повышенной экологической нагрузке из-за образования парниковых газов. Оставшиеся 24,9% складываются на полигонах ТБО. Открытые полигоны опасны влиянием на качество воздуха, засорением стоков в результате наводнений, а в особенности загрязнением близлежащих водоемов. Микропластик (частицы размером < 5 мм), образующийся в результате распада пластикового мусора, повсеместно встречается в почве, пресных водоемах и океанах, был выявлен в органах и тканях более 600 видов фауны [2]. Созданное положение связано со специфическими особенностями пластмасс, значительно затрудняющими или делающими непригодными известные методы уничтожения твердых отходов.

В то же время объем пассажирского движения и грузоперевозок, осуществляемых автотранспортом, ежегодно увеличивается. По результатам моделирования грузоперевозок, в странах ЕС предполагается их увеличение к 2050 году на 57% по сравнению с 2010 г. [4]. Улучшение качества асфальтобетонных покрытий и повышение их эксплуатационного ресурса является актуальной задачей. Одним из методов, который может значительно улучшить качество покрытий, является добавление полимеров к асфальтобетонным смесям [5].

В этой связи становится актуальным вопрос разработки технологии использования полимерных отходов в материалоемких отраслях, одной из которых является дорожное строительство.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Практически все широко используемые на сегодняшний день полимерные модификаторы битума, за исключением продуктов переработки резинотехнических изделий, представлены специально синтезированными продуктами химического производства [6]. Это обуславливает их высокую стоимость, а химическая природа модификаторов накладывает ряд дополнительных технологических требований и ограничений, что в целом увеличивает стоимость модифицированных асфальтобетонных смесей и является фактором, сдерживающим их использование при устройстве покрытий. Ряд проведенных исследовательских работ подтвердил возможность использования различных полимерных соединений, широко применяемых для выпуска изделий бытового назначения и упаковочных материалов [7–10], для модификации битума и получения асфальтобетонных смесей с улучшенными эксплуатационными характеристиками.



При утрате потребительских свойств изделиями из пластмасс химический состав и свойства полимеров практически не меняются. Учитывая вышеизложенное, представляется целесообразной разработка технологии модификации асфальтобетонных смесей добавками на основе полимерных отходов. Принимая во внимание уровень развития и оснащенности современных асфальтобетонных заводов, целесообразно использовать добавку по «сухой» технологии, что значительно упрощает технологические процессы производства асфальтобетонных смесей.

Для решения поставленной задачи Авторами было исследовано влияние различных полимеров на нормируемые параметры асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов на их основе. Проведенная работа позволила разработать состав и определить оптимальное количество комплексной полимерной дисперсно-армирующей добавки (КПДА®) для модификации асфальтобетонных смесей [11, 12]. Добавка представляет собой смесь агломерированных полимеров различной природы и химического состава, получаемых из бытовых или производственных полимерных отходов, взятых в оптимальных соотношениях. Технология введения добавки заключается в ее предварительном дозировании и введении непосредственно в смеситель асфальтобетонного завода на каменный материал, разогретый до 180–190 °С, перед подачей битума. Для достижения оптимальных результатов добавляется 10–15 с дополнительного времени перемешивания добавки с каменными материалами, затем в смеситель вводится битум и производится окончательное перемешивание смеси. Оптимальное количество вводимой добавки составляет от 2 до 3% от массы битума. Введение меньшего или большего количества добавки приводит к снижению показателей свойств полимерасфальтобетона. Результаты испытаний полимерасфальтобетона приведены в табл. 1.

Табл. 1. Свойства полимерасфальтобетона*, модифицированного добавкой КПДА®

Table 1. Properties of polymer asphalt concrete* modified with CPDA® additive

Наименование показателя	Требования по НД**	Фактические показатели
Остаточная пористость	2,5-5%	3,27
Средняя плотность, (г/см ³)	Не норм.	2,36
Предел прочности при сжатии:		
- при 50 °С	Не менее 1,8 МПа	2,18
- при 20 °С	Не норм.	4,32
- при 0 °С	Не более 9,0 МПа	8,75
Пористость минеральной части	Не более 19,0%	15,73
Водонасыщение по объему	1,5-3,0%	3,5
Коэффициент водостойкости	Не менее 0,9	0,94
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении	Не менее 0,8	0,88

*Смесь мелкозернистая (до 20 мм) тип Б, на битуме БНД 60/70.

**СТ РК 1223-2013 «Смеси полимерасфальтобетонные дорожные, аэродромные и полимерасфальтобетон».

Проведены сравнительные испытания образцов из щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона, полученных на основе полимербитумного вяжущего ПБВ60, с применением мо-



диффикатора BUTONAL NS198 и полимерного модификатора КПДА®. Количество модификаторов принималось в соответствии с действующими нормативными документами. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты испытаний щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона, модифицированного различными полимерными модификаторами

Table 2. Tests of crushed stone mastic polymer asphalt concrete with various polymer modifiers

Наименование показателя	Требования по НД	Фактические показатели для составов*		
		№ 1	№ 2	№ 3
Пористость минеральной части, %	От 15 до 19	15,2	15,4	15,5
Остаточная пористость, %	От 2 до 4,5	4,02	4,12	4,14
Водонасыщение по объему, %	От 1 до 4,0	2,8	2,9	3,0
Предел прочности при сжатии, МПа: - при 20 °С - при 50 °С	Не менее 2,8 Не менее 1,0	4,06 1,4	4,01 1,5	3,97 1,6
Трещиностойкость, предел прочности при расколе МПа, при температуре 0 °С	Не более 6,5 Не менее 3,0	3,2	3,5	3,9
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,89	0,9	0,95
Стекание вяжущего, %	Не более 0,2	0,09	0,1	0,1
Средняя плотность уплотненной смеси, г/см ³	Не норм.	2,34	2,34	2,34

*Состав № 1 – щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон на ПБВ 60; состав № 2 – щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон на битуме БНД 60/90, модифицированный добавкой BUTONAL NS198 в количестве 3% от массы битума; состав № 3 – щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон на битуме БНД 60/90, модифицированный добавкой КПДА® в количестве 2,5% от массы битума.

Образцы добавки КПДА® были предоставлены в подрядные организации, где в аттестованных лабораториях были проведены подборы составов щебеночномастичного полимерасфальтобетона ЦМА20 с применением каменных материалов из различных карьеров. Результаты испытаний в сравнении с результатами Авторов представлены в табл. 3.

Табл. 3. Свойства щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона*, модифицированного добавкой КПДА®

Table 3. Properties of crushed stone mastic polymer asphalt concrete* modified with CPDA® additive

Наименование показателя	Требования по НД**	Фактические показатели		
		ТОО «КазГерСтрой»	ТОО «АКМ»	ТОО «К-Дорстрой»
Водонасыщение по объему	1-4%	3,5	3,7	3,02
Средняя плотность, г/см ³	Не норм.	2,35	2,39	2,51
Предел прочности при сжатии:				



- при 50 °С	Не менее 1,0 МПа	1,2	1,4	1,2
- при 20 °С	Не менее 2,8 МПа	3,7	3,8	3,1
Трещиностойкость (предел прочности при расколе при 0 °С)	От 3,0 до 6,5 МПа	3,4	4,4	3,7
Водостойкость при длительном водонасыщении	Не менее 0,85	0,95	0,92	0,9
Коэффициент внутреннего трения	Не менее 0,94	0,96	0,97	-
Сцепление при сдвиге	Не менее 0,25	0,32	0,33	-
Пористость минеральной части	15-19%	16,2	-	16,6
Остаточная пористость	2-4,5%	3,0	3,63	3,6
Стекание	Не более 0,2	0,08	0,18	0,12
Марка битума	-	БНД100/110	БНД70/100	БНД70/100
Расход битума, % мас. (сверх 100%)	-	5,2	5,2	5,3

*Полимермодифицированная смесь ШМА-20 на битуме БНД 70/100, стабилизирующая добавка «Хризопро». По результатам подбора оптимальное количество битума составило 5,2%, добавки «Хризопро» 0,2%.

**СТ РК 2373-2013 «Смеси щебеночно-мастичные полимерасфальтобетонные аэродромные и щебеночно-мастичный полимерасфальтобетон. Технические условия».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют, что разработанная добавка КПДА® на основе полимерных бытовых отходов улучшает физико-механические показатели асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов на их основе. Технология применения разработанной добавки максимально проста, не требует применения специального оборудования, может быть использована практически на любых серийных асфальтобетонных установках. Эффект от использования добавки сопоставим с эффективностью использования полимербитумного вяжущего заводского изготовления, а также с европейскими продуктами. Результаты независимых испытаний подтверждают эффективность добавки КПДА® и возможность ее широкого использования при производстве всех видов и типов полимерасфальтобетонных смесей.

ВЫВОДЫ

1) На основе полимерных бытовых отходов получена эффективная полимерная модифицирующая добавка для горячих асфальтобетонных смесей всех типов и марок.



2) Применение полимерных бытовых отходов в качестве основного сырьевого компонента для производства добавки позволяет наладить ее производство в любых регионах, где имеются такие отходы.

3) Повышение физико-механических характеристик асфальтобетонов позволит увеличить срок безремонтной эксплуатации покрытий автомобильных дорог.

4) Применение добавки в дорожном строительстве позволит утилизировать значительные объемы пластикового мусора и оздоровить экологическую обстановку в местах его образования и хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F.** What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. The World Bank, 2018. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/What-a-Waste-2.0%3A-A-Global-Snapshot-of-Solid-Waste-Kaza-Yao/acb6d250d15cf366964535caa53c343cf66cfc04>
2. **Lebreton L., Andrady A.** Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. Palgrave Communications. 2019. V. 5(1). P. 1-11.
3. Plastics – the Facts 2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe. 2019. AISBL, Brussels, Belgium. URL: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>
4. **Capros P.** et al. (2016). Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. EU Reference Scenario 2016. European Commission, Belgium. URL: http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13656/1/REF2016_report_FINAL-web.pdf
5. **Becker Y., Mendez M.P., Rodriguez Y.** Polymer Modified Asphalt. Vision Tecnologica. 2001. V. 9. N 1. P. 39-50.
6. **Соломенцев А.Б.** Классификация и номенклатура модифицирующих добавок для битумов. Наука и техника в дорожной отрасли. 2008. № 1. С. 14-16.
7. **Garcia-Morales M., Partal P., Navarro F.J., Gallegos C.** Effect of waste polymer addition on the rheology of modified bitumen. Fuel. 2006. V. 85. P. 936-943.
8. **Hınıslođlu S., Ađar E.** Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix. Materials Letters. 2004. V. 58. N 3-4. P. 267-271.
9. **Casey D., McNally C., Gibney A., Gilchrist M.D.** Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. Resources Conservation and Recycling. 2008. V. 52. N 10. P. 1167-1174.
10. **Ahmadinia E., Zargar M., Karim M.R., Abdelaziz M., Ahmadinia E.** Performance evaluation of utilization of waste Polyethylene Terephthalate (PET) in stone mastic asphalt. Construction and Building Materials. 2012. V. 36. P. 984-989.
11. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Н.Б., Амирханов Ж.А., Бессонов Д.В. Патент Республики Казахстан № 3419 от 20.04.2018.
12. Асмагулаев Б.А., Асмагулаев Н.Б., Амирханов Ж.А., Бессонов Д.В. Патент Республики Казахстан № 3607 от 16.08.2018.

Поступила в редакцию 22.11.2021

Принята к опубликованию 30.11.2021



REFERENCES

1. **Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F.** What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. The World Bank, 2018. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/What-a-Waste-2.0%3A-A-Global-Snapshot-of-Solid-Waste-Kaza-Yao/acb6d250d15cf366964535caa53c343cf66cfc04>
2. **Lebreton L., Andrady A.** Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. Palgrave Communications. 2019. V. 5(1). P. 1-11.
3. Plastics – the Facts 2019: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe. 2019. AISBL, Brussels, Belgium. URL: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>
4. **Capros P.** et al. (2016). Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. EU Reference Scenario 2016. European Commission, Belgium. URL: http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13656/1/REF2016_report_FINAL-web.pdf
5. **Becker Y., Mendez M.P., Rodriguez Y.** Polymer Modified Asphalt. Vision Tecnologica. 2001. V. 9. N 1. P. 39-50.
6. **Solomentsev A.B.** Classification and nomenclature of modifying additives for bitumen. Nauka i tekhnika v dorozhnoj otrasli. 2008. N 1. P. 14-16 (in Russian).
7. **Garcia-Morales M., Partal P., Navarro F.J., Gallegos C.** Effect of waste polymer addition on the rheology of modified bitumen. Fuel. 2006. V. 85. P. 936-943.
8. **Hınıslođlu S., Ađar E.** Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix. Materials Letters. 2004. V. 58. N 3-4. P. 267-271.
9. **Casey D., McNally C., Gibney A., Gilchrist M.D.** Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. Resources Conservation and Recycling. 2008. V. 52. N 10. P. 1167-1174.
10. **Ahmadinia E., Zargar M., Karim M.R., Abdelaziz M., Ahmadinia E.** Performance evaluation of utilization of waste Polyethylene Terephthalate (PET) in stone mastic asphalt. Construction and Building Materials. 2012. V. 36. P. 984-989.
11. **Asmatulaev B.A., Asmatulaev N.B., Amirkhanov Zh.A., Bessonov D.V.** Patent of the Republic of Kazakhstan N 3419 of 20.04.2018 (in Russian).
12. **Asmatulaev B.A., Asmatulaev N.B., Amirkhanov Zh.A., Bessonov D.V.** Patent of the Republic of Kazakhstan N 3607 of 16.08.2018 (in Russian).

Received 22.11.2021

Accepted 30.11.2021



УДК 05.23.21

Современные архитипы исторической среды в процессе её реконструкции

Н.Н. Кудряшов

Николай Николаевич Кудряшов

Кафедра архитектуры, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Рос-
сийская Федерация

E-mail: knnaid@mail.ru



В статье рассматриваются проектно-методические аспекты формирования новых архитипов современной архитектуры в исторической среде при условиях её реконструкции-регенерации. Приводится анализ основных исходных-базисных ситуаций-состояний исторической среды, которые определяют различные регламентные и методические подходы к композиционным решениям как отдельных новых зданий и сооружений в сложившейся застройке, так и к формированию градостроительной композиции в целом. Предлагаются ситуативные методы решения архитектурного облика нового строительства в исторической среде с определёнными архитипическими характеристиками.

Ключевые слова: историческая среда, реконструкция-регенерация, архитектура, архитипы

Для цитирования:

Кудряшов Н.Н. Современные архитипы исторической среды в процессе её реконструкции. *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 84-94 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_84



Modern architecture types of the historical environment during its reconstruction

N.N. Kudryashov

Nikolay N. Kudryashov

Department of Architecture, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

E-mail: knaid@mail.ru



The paper discusses the design and methodological aspects of forming new types of modern architecture in the historic environment when it is being reconstructed and regenerated. The paper analyzes the main basic and initial situations and states of the historic environment. They determine various regulatory and methodological approaches to composing both separate new buildings and structures in the existing development, and to forming urban composition in general. The paper aims to propose situational solutions to architectural appearance of new construction in the historic environment with certain features of architecture types.

Key words: *historical environment, reconstruction-regeneration, architecture, architecture types*

For citation:

Kudryashov N.N. Modern archetypes of the historical environment during its reconstruction. *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 84-94 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_84



ВВЕДЕНИЕ

В основу методологического подхода к разработке новых архитипов заложены фундаментальные принципы сохранения единства старого и нового, сохранения и развития градостроительной композиции как целостной ткани исторической среды с учётом приоритетной роли фактора увеличения эстетической массы города.

Современная теория выделяет три основных исходных и, следовательно, регламентирующих ситуации в процессе реконструкции-регенерации исторической среды:

- 1) признание доминирующей ценности исторической среды в целом,
- 2) признание доминирующей ценности локальных фрагментов исторической среды – локальных групповых зон охраны памятников архитектуры или обособленных объектов охраны – памятников архитектуры,
- 3) признание доминирующей ценности новых объектов – новых зданий в исторической среде.

Регенерация исторической среды как двуединый процесс сохранения и развития предполагает неизбежность – необходимость нового строительства – внедрения в историческую ткань города новых зданий и сооружений. Альтернативой этому процессу обновления-развития могут быть или тотальная консервация – музеефикация исторической среды, или перманентная реставрация её элементов. Оба этих процесса исключают всякую возможность градостроительной деятельности – развития, приводят к стагнации и деградации социально-экономической, функциональной и социально-демографической систем города. Кроме того, являясь наиболее экстремально капиталоемкими, эти процессы реализуются в крайне редких, исключительных, эксклюзивных случаях.

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ АРХИТИПОВ В ИСТОРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Масштаб внедрения или интервенции новой архитектуры в историческую среду определяется не только конкретной градостроительной ситуацией места, «статус-кво» исторической среды, но и различной основополагающей ситуацией её качественных характеристик на основе критериев ценности архитектурного наследия, известных со времён Алоиза Ригля, а также мерой эстетической массы среды, определяемой соотношением фактора порядка и фактора сложности.

В первом случае – в ситуации признания доминирующей ценности исторической среды как единого целостного объекта охраны, внедрение – имплантация – новой архитектуры подчиняется методам девизуализации и дематериализации зданий в целях уменьшения негативного воздействия нового строительства на визуальное восприятие исторической среды. Здесь новые постройки должны бережно и аккуратно «латать» лакуны обветшавшей исторической ткани города на основе методики градостроительной регенерации, опираясь на историческую подоснову и принципы контекстуализма при сохранении основных характеристик исторической среды: масштаба, модуля и ритма по формуле «минимаксов», то есть параметры новых строений должны быть в строгих неравенствах «не больше большего и не меньше меньшего» соответствующих параметров исторической среды. Наиболее популярными архити-



пами новой архитектуры в данной ситуации являются: здание-«зеркало», здание-«кулиса», здание-«хамелеон», здание-«призрак» или «невидимка». Таким образом, формируется архитектурно-градостроительный палимпсест как единая композиционная ткань исторической среды без разрывов, лагун и пробелов, как энтропическое пространство (рис. 1).



Рис. 1. Музей «COLUMBA». Арх. Петер Цумтор / Diocezan Museum «COLUMBA». Arch. Peter Zumthor. Пример архитектурного палимпсеста при сохранении гения места (genius loci) в концепции контекстуализма (Источник: dezeen.com)

Fig. 1. Diocezan Museum «COLUMBA». Arch. Peter Zumthor. An example of an architectural palimpsest while preserving the genius of a place (genius loci) in the concept of contextualism (Source: dezeen.com)

Во втором случае, когда историческая среда распадается на отдельные фрагменты – локальные зоны и обособленные объекты охраны наследия, окруженные современной застройкой, которая во многих ситуациях вступает в диссонанс с доминирующей ценностью памятников архитектуры, необходимость гармонизации композиционных связей старого и нового становится еще более значимой, чем в предыдущем случае (рис. 2). Эта цель достигается средствами художественного контраста старого и нового как дуализма детали и фона, конкретного и абстрактного. Новая застройка должна заполнять межзональные пространства как эпителиальная ткань и формировать визуальные связи между локальными объектами охраны наследия с целью регенерации композиционного единства исторической среды. В архитипическом аспекте новая застройка должна воспроизводить основные характеристики исторической среды в жанре контекстуализма: масштаб, модуль и ритм существующей застройки (рис. 3 и 4).



Рис. 2. Музей «COLUMBA». Арх. Петер Цумтор / Diözesan Museum «COLUMBA». Arch. Peter Zumthor. Фрагмент фасада. Пример архитектурного палимпсеста при сохранении гения места (genius loci) в концепции контекстуализма (Источник: dezeen.com)

Fig. 2. COLUMBA Museum. Arches. Peter Zumthor / Fragment of facades. An example of an architectural palimpsest while preserving the genius of a place is the geniuslociv concept of contextualism (Source: dezeen.com)



Рис. 3. Реконструкция-регенерация квартала «SPEIHERSTADT» в районе «HAFENCITY», Гамбург. Пример контекстуальной архитектуры с элементами «адhoc» (Источник: dezeen.com)

Fig. 3. Reconstruction and regeneration of the SPEIHERSTADT quarter in the HAFENCITY district, Hamburg. An example of contextual architecture with «adhoc» elements (Source: dezeen.com)



Рис. 4. Конверсионная реконструкция района «HAFENCITY», Гамбург. Пример комплексного

контекстуального решения градостроительной композиции (Источник: dezeen.com)

Fig. 4. Conversion reconstruction of the district «HAFENCITY», Hamburg. An example of a complex

contextual solution of an urban composition (Source: dezeen.com)

В современной архитектурной практике прочно утвердилась архитипическая стилистика неовернакуляра как формалистического воспроизведения композиционных свойств исторической застройки, часто в абстрактном, опосредованном виде. Контекстуальная эстетика неовернакуляра отрицает формально поверхностный постмодернистский историзм с его стилизацией, цитированием и фальсификацией истории (рис. 5).



Рис. 5. Входной павильон в Археологическую променаду на Музейном острове Берлина. Арх. Дэвид Чипперфилд / Visitor Centrum, Archaeologische Promenade, Museuminsel, Berlin. Arch. David Chipperfield. Пример архитектуры неовернакуляра (Modern Vernacular) (Источник: dezeen.com)

Fig. 5. Entrance pavilion to the Archaeological Promenade on the Museum Island of Berlin. Arch. David Chipperfield. An example of the architecture of a new-vernacular (Modern Vernacular) (Source: dezeen.com)



Оба рассмотренных варианта реконструкции как регенерации исторической среды объединяет методический принцип воспроизведения местных особенностей или адхократический подход к формированию архитипов новой застройки в исторической среде. Архитектура в жанре «ад хок» (ad hoc) формируется средствами:

- архитектурного палимпсеста – наслаивания старого и нового, как способа раскрыть, экспонировать историю места со стремлением выразить сущность «genius loci» – духа места;
- тематического единства градостроительной композиции как средства выявления и акцентирования духа места, возвращения и сохранения исторической памяти места.

Эти два направления регенерации исторической среды утверждают приоритет локального над абстрактно-беспочвенным, устанавливают доминирующую значимость коренной, концептуальной связи современной архитектуры с местом её создания, со сложившейся или возрождаемой драматургией пространства.

Но есть и третий путь – путь на признание доминирующей ценности новой архитектуры в исторической среде, возникший как протест против адхократии (adhoccrasy), то есть доминирования местных особенностей как демонстративный отказ от доминирующей ценности исторической среды.

Это направление формирования новой архитектуры оправдывает своё место в исторической среде в двух радикальных и диаметрально противоположных ситуациях:

- в случае высокой историко-культурной плотности существующей городской среды с большими, часто максимальными значениями её эстетической массы;
- в случае аморфной и слабо структурированной исторической среды с минимальными значениями её эстетической массы.

В первом случае, при больших значениях фактора порядка и фактора сложности, считается, что появление нового элемента в эстетически совершенной и композиционно завершенной среде уже не сможет повредить или разрушить её целостность и единство, даже если этот новый объект является доминирующим или провоцирующим диссонанс на основе радикальной инверсии композиционных свойств исторической среды.

Во втором случае, в ситуации аморфной и слабо структурированной исторической среды, новая архитектура с её доминирующей ролью призвана сформировать композиционный центр существующей застройки и увеличить её эстетическую массу как по фактору порядка, так и по фактору сложности.

В современной архитектурной практике формирование дисгармоничных элементов с деструктивной целью реализуется в художественных формах деконструктивизма, отражающего образы эстетики хаоса в пяти архитипических сферах стихий природного хаоса: хаоса стихии земли, хаоса стихии воды, хаоса стихии воздуха – ветра, хаоса стихии огня и хаоса жизни – биосферы. Возникло множество формальных архитипов хаоса: ландшафты, деструктивные и фрактальные объекты, волновые аттракторы, биоморфы, «загадочное означающее», «ловцы ветра», плазмиды, формы космогенеза. Профессор Чарльз Дженкс выделял семь архитипов этой новой парадигмы современной архитектуры, говоря о том, что «семь ласточек ещё не делают лета», но и без весны, летящей на крыльях этих ласточек, лето не наступит никогда, не возникнет этот парадоксальный мир хаотичных образов в наших городах, мир, в котором возможно всё, кроме скуки, ведь «перед скукой даже боги слагают знамёна», как говорил Фридрих Ницше (рис. 6 и 7).



Рис. 6. Форум «Les Halles» в Париже. Арх. Патрик Берже и Жак Анзиутти. Пример доминирования новой архитектуры в исторической среде (Источник: dezeen.com)

Fig. 6. Forum «Les Halles» in Paris. Arch. Patrick Berger & Jacques Anziutti. An example of the dominance of new architecture in the historical environment (Source: dezeen.com)



Рис. 7. Панорама центральной части Лондона. Хаотичное формирование градостроительной композиции с признанием доминирующей роли новой архитектуры в исторической среде

в концепции борьбы с адхократией (adhocrcasy) (Источник: dezeen.com)

Fig. 7. Panorama of the central part of London. Chaotic formation of urban composition with recognition of the dominant role of new architecture in the historical environment in the concept of combating adhocracy (Source: dezeen.com)



ВЫВОДЫ

Анализируя различные методические подходы к формированию архитипов новой застройки в исторической среде, окончательный выбор делает каждый архитектор в каждом конкретном случае, но нельзя забывать и нужно всегда помнить, что не архитектор выбирает город, а город выбирает архитектора, что не архитектор решает, каким быть историческому городу, а город решает – каким быть архитектору.

ЛИТЕРАТУРА

1. ООН. Конвенции и соглашения. Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия (Принята 16 ноября 1972 г. генеральной конференцией ООН по вопросам образования, науки и культуры). URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/heritage.shtml
2. UNESCO. World Heritage List. 2019. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/>
3. **Яргина З.Н.** Эстетика города. М.: Стройиздат, 1991. 365 с.
4. **Белоусов В.Н., Бочарова Н.Н., Васильченко В.А.** Реконструкция центров исторических городов: Советско-французское научно-техническое сотрудничество. М.: Стройиздат, 1987. 224 с.
5. **Кудряшов Н.Н.** Девизуализация как метод нейтрализации воздействия нового строительства на историческую среду в процессе её регенерации. Умные композиты в строительстве. 2020. Т.1. Вып.1. С. 81-88. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020

Поступила в редакцию 02.12.2021

Принята к опубликованию 07.12.2021

REFERENCES

1. OON. Conventions and agreements. Convention on the protection of the world cultural and natural heritage. (Adopted on November 16, 1972 by the UN General Conference on Education, Science and Culture). URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/heritage.shtml (in Russian).
2. UNESCO. World Heritage List. 2019. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/>
3. **Yargina Z.N.** Aesthetics of the city. M.: Stroyizdat. 1991. 365 p. (in Russian).
4. **Belousov V.N., Bocharova N.N., Vasil'chenko V.A.** Reconstruction of the centers of historical cities: Soviet-French scientific and technical cooperation. M.: Stroyizdat. 1987. 224 p. (in Russian).
5. **Kudryashov N.N.** Devisualization as a method of neutralizing the impact of new construction on the historical environment during its regeneration. Smart Composite in Construction. 2020. V. 1. N 1. P. 81-88. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020.

Received 02.12.2021

Accepted 07.12.2021



УДК 796.51:72.035

Особенности формирования пешеходных туристических маршрутов в исторических центрах приволжских городов (на примере города Юрьевец Ивановской области)

Н.А. Исаева¹, М.Ю. Покровская¹, К.С. Аксенова¹, П.Б. Разговоров²

Наталья Адольфовна Исаева

¹Кафедра дизайна костюма и текстиля, кафедра архитектуры и строительства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация

E-mail: nino2014nino@yandex.ru

Марина Юрьевна Покровская

¹Кафедра дизайна костюма и текстиля, кафедра архитектуры и строительства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация

E-mail: marina59b@mail.ru

Карина Сергеевна Аксёнова

¹Кафедра дизайна костюма и текстиля, кафедра архитектуры и строительства, Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, 21, Российская Федерация

E-mail: KarinAksyonova@yandex.ru

Павел Борисович Разговоров

²Управление организации научно-исследовательской и интеллектуальной деятельности, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

E-mail: razgovorovpb@ystu.ru



Рассмотрены особенности формирования пешеходных туристических маршрутов в малых городах Поволжского региона на примере г. Юрьевца Ивановской области. Проанализированы приёмы для полноценной реализации потенциала исторического центра города. Дана классификация объектов архитектурного наследия. Определена роль основных факторов (ландшафт территории, транспортные коммуникации, рекреационные ресурсы, социокультурные и визуальные особенности экспозиции), влияющих на организацию пешеходных туристических маршрутов. Представлено исследование проблемы взаимодействия старого и нового, их совместного существования в структуре городской среды. Выявлены возможности использования территорий городских пространств для организации пешеходных прогулочных маршрутов, регенерирующих улучшение качества городской жизни.

Ключевые слова: памятники архитектуры; пешеходные туристические маршруты; городская историческая среда; структура города; исторический центр

Для цитирования:

Исаева Н.А., Покровская М.Ю., Аксенова К.С., Разговоров П.Б. Особенности формирования пешеходных туристических маршрутов в исторических центрах приволжских городов (на примере города Юрьевца Ивановской области). *Умные композиты в строительстве*. 2021. Т. 2. №. 4. С. 95-107 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_95



Walking routes and their origins in historic centers of Volga towns (on the example of Yuryevets, Ivanovo Region)

N.A. Isaeva¹, M.Yu. Pokrovskaya¹, K.S. Aksyonova¹, P.B. Razgovorov²

Natal'ya A. Isaeva

¹Department of Costume and Textile Design, Department of Architecture and Construction, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia
E-mail: nino2014nino@yandex.ru

Marina Yu. Pokrovskaya

¹Department of Costume and Textile Design, Department of Architecture and Construction, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia
E-mail: mapina59b@mail.ru

Karina S. Aksyonova

¹Department of Costume and Textile Design, Department of Architecture and Construction, Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia
E-mail: KarinAksyonova@yandex.ru

Pavel B. Razgovorov

²Department of Organization of Research and Intellectual Activity, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia
E-mail: razgovorovpb@ystu.ru



The paper illustrates how walking routes in small towns of the Volga Region are formed. The town in question is Yuryevets, Ivanovo Region. The study analyzed the techniques for realizing the full potential of the historical city center. Architectural heritage objects were also classified. The paper outlines the role of the main factors (landscape, transport, recreational resources, socio-cultural and visual characteristics) influencing the organization of walking routes. The paper presents the study of interaction of old and new, their co-existence in the urban environment structure. Finally, the study identified opportunities to use urban spaces to organize walking routes, improving the quality of urban life.

Key words: architectural monuments; walking routes; urban historical environment; city structure; historic center

For citation:

Isaeva N.A., Pokrovskaya M.Yu., Aksyonova K.S., Razgovorov P.B. Walking routes and their origins in historic centers of Volga towns (on the example of Yuryevets, Ivanovo Region). *Smart Composite in Construction*. 2021. Vol. 2. No 4. P. 95-107 URL: http://comincon.ru/index.php/tor/V2N4_2021

DOI: 10.52957/27821919_2021_4_95



INTRODUCTION

In the beginning of the XXI century, the appeal of Russia's small historic towns for tourism has increased significantly. After erecting numerous architectural monuments, there was now enough experience to preserve the historic environment of such towns, turning the towns center into a tourist web of walking routes. This is especially clear, in particular, in Suzdal, Vladimir Region.

Russian and international experience shows that the historic and architectural heritage serves as the basis for social and economic development of the territory. Understanding the role and function of heritage, as well as the spatial distribution of its objects, leads to studying the state of heritage objects themselves, increasing their preservation and degree of use [1].

This paper looks into preserving cultural heritage sites and the historic center of Yuryevets, Ivanovo Region (Fig. 1).

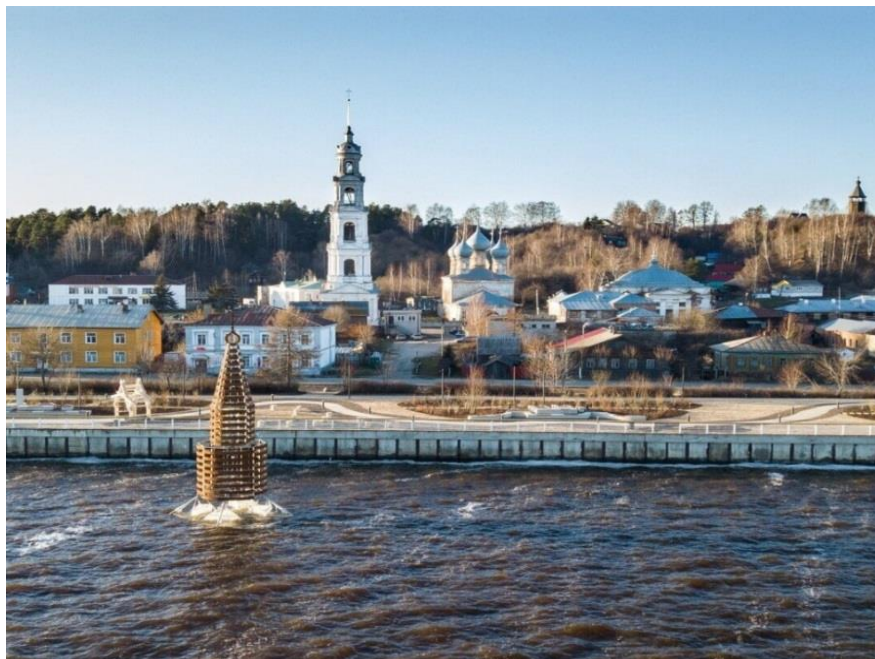


Fig. 1. The historic center of Yuryevets [2]

Architectural monuments in this town are not stand-alone objects, but an integral part of the whole structure, elements of the public space. The whole urban environment grabs interest because it becomes these monuments make it whole. At the same time, including architectural objects in walking routes encourages the town authorities to reconstruct and maintain them in proper condition.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of Yuryevets development has shown that the social and economic situation there has deteriorated in recent years. Despite its powerful recreational, historic, and cultural potential, the city does not realize it to the full extent. Obviously, with a well-thought-out approach, this resource can give a new impetus to the economic development of the town and the revival of its cultural traditions.



Let us consider the social and cultural design of Yuryevets. The town already has experience of its development by completing various cultural projects. However, its development needs to be "restarted", having worked out a development strategy beforehand.

Thus, the problem lies in the objectively existing contradiction between the social and cultural potential that tourism has as a means of preserving the region's historic and cultural heritage and insufficient realization of this potential in the project and program activities. At the same time, the tourism potential of Yuryevets, the identity of the still preserved integral fragments of the historic and architectural environment of the town center is beyond doubt.

Along the Volga, the Ivanovo region includes Plyos (population: 1732), Kineshma (population: 80950), Yuryevets (population: 7945), and Puchezh (population: 6255) (Fig. 2). These small Russian towns have rich history and unique beauty of urban landscapes, where water vastness of one of the largest Russian rivers – the Volga, its steep banks, and residential development are in total harmony with each other.

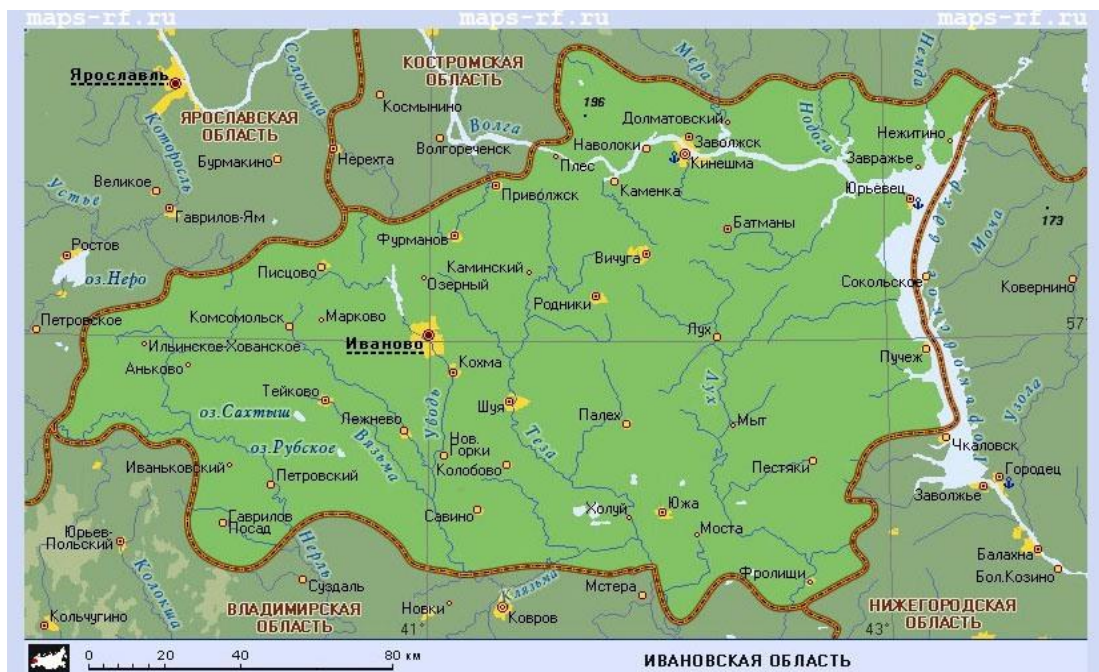


Fig. 2. Volga towns on the map of Ivanovo Region [3]

Historically, the right-bank Volga settlements of Ivanovo Region (Fig. 3) have a number of spatial, social, and cultural features.



Fig. 3. General views of the Volga towns – Plyos (a) [4], Kineshma (b) [5], Yuryevets (c) [6]



These are:

- the placement on the high bank of the river with the actively expressed landscape in two levels – coastal and upland parts.
- unique skylines and panoramic views from the water area of the Volga;
- a bell tower or a church as the spatial reference point and dominant feature;
- part of the town's territory was flooded during the construction of the Gorky Reservoir;
- valuable architectural and historic heritage (preservation of fragments of the urban environment).

These features become a resource for attracting tourists. In particular, significant funds are involved in forming tourism infrastructure in Plyos and Kineshma. However, Yuryevets is no less interesting. It is also attractive because prominent figures of the Russian culture lived there – directors Andrei Tarkovsky, Alexander Rou, and the Vesnin brothers, architects.

There is a growing threat of the disappearing architectural heritage in the town due to the complete lack of restoration works. Architectural monuments are being destroyed, the ensemble organization is disappearing, and the unique look of the town is being lost. The lack of a well-thought-out preservation policy has led to a large increase in the number of dilapidated architectural structures over the past decade. At the moment, the historic center of Yuryevets cannot provide residents and tourists with a comfortable and safe public space for walking. This, in turn, negatively affects the overall quality of the urban environment.

Development of tourism potential is a highly profitable industry, which has great social and international significance for the town as a whole and for each of its inhabitants. The importance of tourism as a source of permanent income, employment, and interpersonal contacts has been growing steadily. By preserving unique monuments and fragments of public space, the town keeps its tourist functions. In addition, it is necessary to develop and implement walking routes as a project to revive the architectural and landscape system that helps preserve the town image. Proposing to create new routes will increase interest in Yuryevets not only among the Russians but also tourists from abroad considering the historic and cultural architectural objects and landscapes preserved in this city.

Walking zones appeared in Western Europe in the 50s of the 20th century. To organize and improve them, narrow streets in historic cities were freed from cars. Each walking route usually consists of entrance, path, exit, intersection, totem, main space, secondary spaces – of second and third order [7].

This is well-known and it requires key principles of strategic planning for architectural and landscape organization of tourist routes in the Volga towns, including Yuryevets, which should be developed scientifically.

Types of planning for walking routes in historic towns include: linear, circular, and free.

A walking route is an established and organized route for travelers for recreation and self-education. It is an integral part of the urban environment with limited traffic, multifunctional zoning, and uniform design style, it is visually complete and closed, and characterized by a close relationship between the artificial and natural elements.

Walking routes include a number of types of architectural and planning structure: pedestrian street, boulevard, plaza, sidewalk, crosswalk, waterfront, parkway.

The architectural and spatial significance of the walking routes lies not only in the creation of comfortable movement for tourists, but also in the harmonious unity of the unique objects of different eras. Therefore, stylistic consistency with the environment, as well as a reasonable tracing and location



in the city, are the most important principles for the organization of such routes [8].

The research identified the main cultural and historic centers of Yuryevets and the unique objects included in them with brief descriptions:

- fortresses (Levoberezhnaya, Georgievskaya, Voskresenskaya, Voznesenskaya) (Fig. 4);
- buildings and constructions specific to the urban environment (74 objects);
- lost churches (11 objects).

Based on the analysis of the identified objects of cultural heritage and systematization of materials solutions, we propose new walking routes.

They are based on the following methodology.

Stage I – Strategy formulation. Defining goals, objectives in forming a system of walking routes; social and economic analysis; drawing up a reference plan.

Stage II – Classification for proposed routes:

- by construction date (dating of facilities and routes);
- by material type (stone, wood);
- by object type (fortresses, lost architectural objects, including flooded).

Stage III – Development of route planning principles.

The main objectives of the architectural organization of walking trails in Yuryevets are:

- ensuring route continuity;
- forming optimal conditions for visual perception of architectural objects; the inclusion of natural components;
- creating an adapted environment for people with disabilities and a unified information and orientation system.



Fig. 4. Combined map-scheme of state fortresses of Yuryevets-Povolzky in the 18th-19th centuries

The research revealed the architectural monuments in the Yuryevets town center dating back to the early 17th – early 20th centuries and belonging to different styles – classicism, art nouveau, eclectic (Fig. 5).



План размещения церквей в г. Юрьевец Поволжский на конец XIX - начало XX в.



Fig. 5. Plan of the location of churches in Yuryevets, Volga Region, at the end of the 19th and the beginning of the 20th centuries

We also grouped the monuments (wooden or stone architecture; stylistic affiliation; construction date) in the historic center of the city. Next, we formed tourist zones, the axes of which are Sovetskaya Street and Lenina Street with the proposed regulations of pedestrian traffic along them.

At the intersection of routes, it is proposed to form nodes of public open spaces based on existing squares and public gardens. Dilapidated buildings should be restored along with their lost elements. Obviously, the complete restoration of the historic appearance of the city is a problematic task. Even if the main part of the 19th century street is preserved, it is impossible to restore its "authenticity", as every smallest detail (kiosk, shop window, signboard, lantern) determines its appearance. Nevertheless, despite the streets always change, the external appearance of modern buildings can contribute to the preservation of the historic environment, the improvement of the city center, and the recreation of the image of times long gone. Public buildings have always played a special role in forming urban ensemble, its style [9]. The appropriate historic atmosphere is ensured by how and where such buildings, objects, and small architectural forms are placed, made in the appropriate stylistics, with respect to the decor and flavor of the given time. The task of neutralizing the impact of new construction on the architectural and urban heritage objects is solved using some methodological recommendations of the architect N.N. Kudryashov [10].

The main walking route structure is presented on the layout plan of architectural sites of Yuryevets (Fig. 6).



Fig. 6. The plan of the movement between the architectural objects in Yuryevets

The following solutions are proposed:

- information boards and building models should be installed in the place of lost and flooded objects;
- on Pyatnitskaya, Simonovskaya, Predtechenskaya, Pushkarikha mountains with a panoramic view of the historic town center it is a important to create the exhibition areas, allowing to view the monuments as cognitive tourism objects;
- when accepting landscaping projects with the development of pedestrian streets and adjacent nodes, it is necessary to consider the architectural and artistic qualities of the environment, visual connections – view frames, the picture of a visually perceived space.

It is also important to make walking routes comfortable – continuity, connection with the transport system (parking for cars and tourist buses) talking the nature into account. In doing so, it is necessary to maintain an optimal balance between green and paved surfaces, architectural and green facades, creating a vertical diversity of space while including nature components and forming an aesthetic image.

The main feature of Yuryevets while forming walking routes is the unique landscape of its upland part and riverside zone, as well as its distinctive vegetation potential. These recreational resources fit logically into the concept of shaping walking trails.

Recommendations for forming a system of walking trails:

- organize independent walking routes and differentiate them thematically; Preserve unique street images as «beds» of walking routes (e.g., Sovetskaya Street and Lenina Street), which shape up the historic image of the town;
- restore historic and use the existing dominants, reveal the visual structure of the town; Define «visibility zones» for properties appropriate in the historic environment; Draw up the rules for the new



construction (such areas should be delineated, first of all, for the most significant historical panoramas, which should be given the status of protected areas);

- install observation platforms on the mountains (with a comfortable ascent, fencing, and lighting provided);

- include natural components, weave walking routes together with the natural and ecological frame of the town; Assign the status of tourist attractions to natural monuments as urban landmarks;

- implement landscape tours not only along the routes within natural areas, but also along the town streets closely connected to the monuments of architecture, archaeology, and history.

Recommendations for transforming the «fabric» of walking routes:

- demonstrate historical layers of the town development for all to see and study, the so-called selective «retro-development» on information stands or scale models;

- create passages in different levels and interior spaces, taking into account the climate and winds, to organize continuous walking routes; Take into account environmental factors – wind in winter, sun rays in summer.

Recommendations for transforming the information system of walking routes:

- organize an information and communication system with different types of landmarks and «tourist terminals» – devices that can provide tourists with information about places of interest in different foreign languages after the main sightseeing program;

- design small architectural objects (benches, trash bins, etc. as part of the architectural ensemble) in the same style as the objects of the walking routes;

- fix the lost monuments and historically significant places of the urban environment by installing memorial signs and stands.

One of the most important tasks of creating a comfortable environment for tourists and citizens is to improve the coastal area of the riverside towns. In particular, most of these have already been successfully solved, for example, in Kineshma (boulevard) and Plyos (embankment). In turn, by the early 2020s, an embankment in Yuryevets was also improved within the historic center.

In 2025, Yuryevets, the oldest town of the Ivanovo region, will celebrate its 800th anniversary. By this anniversary date, its people expect new landscaped areas and a comfortable environment for living. Today there is not enough eateries and quality roads in the city center, as well as no river port, which slows down the growth of tourist inflow. Undoubtedly, after eliminating these problems in the coming years, Yuryevets will get a great boost to its development.

CONCLUSION

Based on the analysis of the structure of walking routes in the historically established small Volga towns in Russia on the example of Yuryevets, Ivanovo Region, the study proposes a promising methodology for their formation.

There is a considerable historic and cultural potential of small towns, a progressing disappearance of remarkable places of the urban environment, combined with the growing interest in the cultural heritage and development of the tourist movement.

Specific practical recommendations have been developed concerning:

- formation of a system of walking routes;

- transforming the «fabric» and information system of walking routes.



The implementation of such recommendations and author's proposals is expected to significantly increase the total volume of tourist flows to the Volga small towns, increase their historical and cultural potential, economic and social attractiveness.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Большаков А.Г., Гладышева Ю.Б.** Методика формирования туристических маршрутов и градостроительные принципы экспозиции объектов культурного наследия г. Читы. Вестник ИрГТУ. 2014. № 11 (94). С.144-150.
2. Вид на исторический центр Юрьевца. URL: <https://pbs.twimg.com/media/EPlzbJWX0AEEjJ7.jpg>
3. Расположение городов Поволжья на карте Ивановской области. URL: <https://pyatigorsk-rf.ru/maps/ivanovskaja-region/images/karta-ivanovskoj-regioni.jpg>
4. Плес, Ивановская область. URL: https://i02.fotocdn.net/s128/2c631a02d55db8dd/public_pin_1/пин-код_2901325015.jpg
5. Кинешма, Ивановская область. URL: <https://pbs.twimg.com/media/EPlzbJdX0AA32yM.jpg:large>
6. Юрьевец, Ивановская область. URL: <http://s2.fotokto.ru/photo/full/174/1741695.jpg>
7. **Кулаков А.И., Шишканов В.С., Шишканова М.А.** Организация пешеходных туристических маршрутов в исторических городах. Вестник ИрГТУ. 2015. № 3 (98). С. 152-157.
8. **Дьяченко Е.В.** Архитектурно-ландшафтная организация туристических маршрутов (на примере Москвы). Автореф. дис. ... канд. арх. М., 2010. 25 с.
9. **Захаров А.В., Исаева Н.А., Покровская М.Ю.** Проблемы пространственной организации на примере Пушкинской площади в Иваново. Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1. № 1. С. 71-80. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/VIN1_2020.
10. **Кудряшов Н.Н.** Визуализация как метод нейтрализации воздействия нового строительства на историческую среду в процессе ее регенерации. Умные композиты в строительстве. 2020. Т. 1. № 1. С. 81-88. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/VIN1_2020.

Поступила в редакцию 03.11.2021

Принята к опубликованию 03.11.2021

REFERENCES

1. **Bolshakov A.G., Gladysheva Yu.B.** Methodology of tourist routes formation and urban planning principles of exposition of cultural heritage objects of Chity. Vestnik IrGTU. 2014. N 11 (94). P. 144-150 (in Russian).
2. Yuryevets historic center view. URL: <https://pbs.twimg.com/media/EPlzbJWX0AEEjJ7.jpg> (in Russian).
3. Location of Volga towns on the map of Ivanovo Region. URL: <https://pyatigorsk-rf.ru/maps/ivanovskaja-region/images/karta-ivanovskoj-regioni.jpg> (in Russian).
4. Plyos, Ivanovo Region. URL: https://i02.fotocdn.net/s128/2c631a02d55db8dd/public_pin_1/2901325015.jpg (in Russian).
5. Kineshma, Ivanovo Region. URL: <https://pbs.twimg.com/media/EPlzbJdX0AA32yM.jpg:large> (in Russian).
6. Yuryevets, Ivanovo Region. URL: <http://s2.fotokto.ru/photo/full/174/1741695.jpg> (in Russian).



7. **Kulakov A.I., Shishkanov V.S., Shishkanova, M.A.** Organization of pedestrian tourist routes in historic cities. Vestnik IrGTU. 2015. N 3 (98). P. 152-157 (in Russian).
8. **D'yachenko E.V.** Architectural and landscape organization of tourist routes (on the example of Moscow) abstract of a thesis, PhD in Architecture: 05.23.22. M., 2010. 25 p. (in Russian).
9. **Zakharov A.V., Isaeva N.A., Pokrovskaya M.Yu.** Problems of spatial organization on the example of Pushkin square in Ivanovo. Smart Composite in Construction. V. 1. N 1. P. 71-80. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/VIN1_2020 (in Russian).
10. **Kudryashov N.N.** Devisualization as a method of neutralizing the impact of new construction on the historical environment during its regeneration. Smart Composite in Construction. 2020. V. 1. N 1. P. 81-88. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/VIN1_2020 (in Russian).

Received 03.11.2021

Accepted 12.11.2021



ABSTRACTS

A.I. MOKHOV, E.O. STEPANOVA, A.I. LUKASHOV, L.A. MOKHOVA**MODELING THE RESEARCH DIRECTION IN THE CONSTRUCTION OF A MODERN UNIVERSITY: PART 2**

Key words: innovations, research activity of the university, complex engineering, production cooperation, operational cooperation, social orientation of the project.

The second part of the article presents the result of the analysis of the application of infographic models developed in the first part of this article to the research program of the Yaroslavl State Technical University (YSTU). The applied approach to the creation of the YSTU strategy can be defined as comprehensive, since during its implementation the logic of the systematic approach was changed and a cross-disciplinary transition to alternative scientific research was carried out, which ensured the restructuring of the strategy for the sustainable development of the University. The article contains a description of the features of the application of complex engineering to the formation of research projects of YSTU in the areas of production and operation of research objects in the areas of production technologies and operation of the solutions found corresponding to these areas. This article shows that an integrated approach expands the possibilities in choosing the directions of using innovative scientific, technical and organizational developments created and created as a result of the scientific and research activities of the University.

S.V. FEDOSOV, V.N. FEDOSEEV, S.A. LOGINOVA, I.A. ZAITSEVA**APPROXIMATE CALCULATION OF A THEORETICAL CYCLE OF A VAPOR-COMPRESSION FREON LOOP IN AN AIR HEAT PUMP**

Key words: vapor-compression cycle, freon loop, enthalpy, air heat pump

To improve the efficiency of using an air heat pump (AHP), it is important to analyze the thermodynamic parameters of the vapor-compression freon loop cycle. To evaluate all thermodynamic processes in the heat recovery system of the air heat pump and to make calculations, experts frequently use heat charts developed by the manufacturers. The authors propose to use tables on saturation line and superheated vapor line of working refrigerant for approximate calculation of vapor-compression freon loop. As a result of calculation of a theoretical vapor-compression cycle, the authors obtained heat energy values taken by the working body during its continuous phase change: boiling, evaporation, condensation, which were determined by the enthalpy state points at the corresponding sections of operation of AHP elements (evaporator, compressor, condenser). Calculations showed that at creating thermal power at the heat pump output, its determining parameter is the phase change of



latent heat of vaporization at boiling and condensation of working body in the closed compression cycle system.

I.N. GOGLEV

A NEW PROMISING METHOD FOR DETECTING CARBONIZATION OF REINFORCED CONCRETE BUILDING STRUCTURES DURING INSPECTIONS

Key words: *corrosion, carbonization, concrete, reinforced concrete, inspection, phenolphthalein indicator, universal indicator, mass transfer.*

The paper considers a new method of detecting the carbonization of concrete that can be successfully applied at the field and laboratory stages of examining building structures made of reinforced concrete. The study included cases of carbonization and evaluated its influence on durability of civil, industrial, transport and other various building structures made of concrete and reinforced concrete. The paper includes examples of facilities where surveys can be conducted using the new method. This method was also compared with that of the phenolphthalein indicator solution in terms of its effectiveness. The new method makes it possible to assess the state of the protective layer of concrete and identify the zones where the corrosion of concrete, which is associated with mass transfer of the target component, has just begun or is fully running. A disadvantage of the phenolphthalein indicator solution method (PISM) is that it does not show a complete picture of the pH distribution of concrete over the layers, since the indicator has 1 working color transition interval. A new promising method makes it possible to assess the condition of the examined reinforced concrete structures for their durability and the degree of damage, since it has an increased accuracy in comparison with the phenolphthalein indicator method. The results obtained by the new method can be used both to organize/calculate physical and mathematical models of mass transfer process development during concrete corrosion and to organize the repair of reinforced concrete and concrete building structures.

I.I. VERLOKA, A.B. KAPRANOVA, D.V. STENKO, A.E. LEBEDEV, A.A. VATAGIN

EXPERIMENTAL STUDY PRODUCT QUALITY IN GRAVITY DEVICE FOR MIXING BULK MATERIALS

Key words: *heterogeneity coefficient, mixing, building mixtures, bulk materials, dispersed medium, laboratory unit, three-stage method, four-stage method.*

The article presents the study results of quality (coefficient of heterogeneity) of obtained dispersed mixtures of hard-to-separate materials of I-III fluidity class by the Kerr method with components ratio 1:10 or more. On laboratory gravitational unit implements a patented three-stage mixing method that adhesion and segregation effects minimizes on



homogeneity. The quality indicator was calculated using a contactless method, which is also an object of intellectual property. The feasibility of using the three-stage method in construction and other areas is justified by minimal values of heterogeneity coefficient obtained in experiment ($V_c=6.1\%$) for rational ranges of laboratory mixer controlled parameters. A comparison is made with a more energy-consuming four-stage method of mixing components 1:10 (or more)

A.V. KALININ, P.B. RAZGOVOROV, A.A. IGNATYEV

APPLICATION OF ELECTROPLATING SLAMS IN THE PIGMENT PART OF A SINGLE-PACK SILICATE PAINT

Key words: *silicate paints, urea, electroplating slams, physico-chemical and operational properties.*

The advantages of using silicate paints as environmentally friendly paint and varnish materials for modern construction in the processing of facades, interiors of buildings and structures is shown. The urgency of the development of single-pack formulations, especially with the inclusion of sodium liquid glass as a binder, is emphasized. The possibility of replacing the traditional mineral components in the composition of the pigment part with finely dispersed waste – electroplating slams has been revealed. This allows the disposal of slams and reduces the cost of production of silicate paint.

D.V. BESSONOV, M.D. BESSONOV

EFFECTIVE ASPHALT CONCRETE MODIFIER BASED ON PLASTIC WASTE

Key words: *polymer asphalt concrete, polymer modifying additive, stone mastic polymer asphalt concrete, polymer bitumen binders, polyethylene, polypropylene, polystyrene, polyethylene terephthalate.*

The article studies the possibility of obtaining effective polymer modifiers for asphalt mixtures that are based on polymeric household waste. The results of laboratory tests of polymer-asphalt concrete compositions for road coatings, as well as results of comparative tests of crushed stone mastic polymer asphalt concrete with various modifiers are provided. Test results confirm the effectiveness of the CPDA® additive and the possibility of its use in the production of stone mastic polymer asphalt mixes.



N.N. KUDRYASHOV

MODERN ARCHITECTURE TYPES OF THE HISTORICAL ENVIRONMENT DURING ITS RECONSTRUCTION

Key words: *historical environment, reconstruction-regeneration, architecture, architecture types.*

The paper discusses the design and methodological aspects of forming new types of modern architecture in the historic environment when it is being reconstructed and regenerated. The paper analyzes the main basic and initial situations and states of the historic environment. They determine various regulatory and methodological approaches to composing both separate new buildings and structures in the existing development, and to forming urban composition in general. The paper aims to propose situational solutions to architectural appearance of new construction in the historic environment with certain features of architecture types.

N.A. ISAEVA, M.YU. POKROVSKAYA, K.S. AKSYONOVA, P.B. RAZGOVOROV

WALKING ROUTES AND THEIR ORIGINS IN HISTORIC CENTERS OF VOLGA TOWNS (ON THE EXAMPLE OF YURYEVETS, IVANOVO REGION)

Key words: *architectural monuments; walking routes; urban historical environment; city structure; historic center.*

The paper illustrates how walking routes in small towns of the Volga Region are formed. The town in question is Yuryevets, Ivanovo Region. The study analyzed the techniques for realizing the full potential of the historical city center. Architectural heritage objects were also classified. The paper outlines the role of the main factors (landscape, transport, recreational resources, socio-cultural and visual characteristics) influencing the organization of walking routes. The paper presents the study of interaction of old and new, their co-existence in the urban environment structure. Finally, the study identified opportunities to use urban spaces to organize walking routes, improving the quality of urban life.



ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция строго придерживается норм и правил международной публикационной этики.

Правовую основу обеспечения публикационной этики составляют международные стандарты: положения II Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований, положения Комитета по этике научных публикаций (The Committee on Publication Ethics - COPE) и нормы раздела «Авторское право» Гражданского кодекса РФ.

Представление статьи в журнал подразумевает следующее:

- работа не была опубликована ранее в другом журнале;*
- не находится на рассмотрении в другом журнале;*
- все соавторы согласны с публикацией статьи;*
- получено согласие (в явной или неявной форме) организации, в которой было проведено исследование.*

При представлении рукописи в журнал авторы должны убедиться, что все цитирования оформлены корректно, указаны заимствованные источники в подписях к рисункам и надписям таблиц, Если таковые не приведены, предполагается, что рисунки и таблицы представляют собой плод авторской деятельности. Редакция осуществляет проверку статей на антиплагиат.

Авторские права

Авторы, направляющие свои работы в журнал, соглашаются со следующим:

- 1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы.*
- 2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся не-эксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.*

Приватность

Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных журналом; доступ к ним иных лиц и организаций для других целей не предоставляется.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

В журнале «Умные композиты в строительстве» / «Smart Composite in Construction» печатаются работы преподавателей и сотрудников высших учебных заведений РФ, РАН, РААСН, других исследовательских подразделений, работающих в сфере промышленного и гражданского строительства и архитектуры, в том числе в странах стран СНГ и за рубежом.



Рубрики журнала

05.23.01 Строительные конструкции, здания и сооружения

05.23.05 Строительные материалы и изделия

05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов

05.23.19 Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

05.23.21 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности

Статьи, направляемые в журнал, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Работа должна соответствовать профилю журнала, обладать актуальностью, новизной, иметь прикладное значение (и/или теоретическое обоснование). Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала, и ее решение является окончательным.

2. Статьи должны представлять сжатое, конкретное изложение полученных автором результатов, без повторения одних и тех же данных в тексте, рисунках и таблицах.

3. Все представленные статьи должны быть подготовлены 12 кеглем, шрифт Times New Roman, интервал 1.1. Поля: верхнее и нижнее – 3 см, левое и правое – 2.5 см. Абзацный отступ – 0,75 см. Объем статьи – 6-15 страниц, включая список литературы, таблицы (не более 3, ширина 8 см) и рисунки (не более 5, для обзорной статьи – не более 8, ширина 8 см), в том числе помеченные буквами а, б и т.д. Рисунки оформляются без рамок и размещаются, как и подписи к ним, таблицы и заголовки к ним, примечания, строго по тексту статьи. В раздел «Обзорные статьи» принимаются материалы объемом от 25 до 30 страниц.

4. При оформлении статьи рекомендуется избегать употребления любых сокращений, кроме общепринятых. При первом упоминании сокращенного термина обязательно приводится его расшифровка в полном виде. Рукописные вставки не допускаются. Кавычки оформляются елочкой. Текст набирается без нумерации страниц.

Структура статьи

На первой странице рукописи слева проставляется индекс по универсальной десятичной классификации (УДК, шрифт 10 пт, прямой, Verdana, без отступа. После УДК пропускается строка, дается наименование работы по центру (шрифт 12 пт, прямой, полужирный, все буквы прописные, шрифт Verdana). Ниже по центру – инициалы, фамилия авторов (шрифт 11 пт, курсив, Verdana, полужирный). После фамилий авторов указываются их место работы: подразделение и название организации, почтовый адрес (шрифт 10 пт, курсив, Verdana). Отдельной строкой указывается электронный адрес авторов (курсив). Далее через интервал (1 строка)



размещается аннотация (150-200 слов, выравнивание по ширине, размер шрифта 10 пт, курсив, отступ слева 0.75 см, шрифт Times New Roman). После аннотации и интервала (1 строка) полужирным шрифтом курсивом набираются Ключевые слова и приводятся шрифтом Times New Roman размером 10 пт 5-8 словосочетаний (не курсив), без точки в конце.

Затем следует текст статьи, в котором через интервал выделяются разделы: Введение, Экспериментальная часть, Результаты и их обсуждение, Выводы (в обзорной статье выделяются Введение, названия подразделов курсивом, Выводы). Статья заканчивается разделом Литература. Оптимальное количество цитированных источников от 15 до 20, желательно включить не менее 3 работ, входящих в базы WoS/Scopus. В обзорных работах принимаются ссылки на 50-80 источников. Под списком литературных источников через интервал слева курсивом приводятся слова: Поступила в редакцию, на следующей строке: Принята к опубликованию.

5. В адрес редакции, кроме электронного варианта, направляют 1 экземпляр статьи в распечатанном виде с подписями всех авторов после слов Принята к опубликованию.

Формат

Редакция принимает тексты, сохраненные в программе Microsoft Word в форматах .doc или .docx. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

Оформление литературных ссылок

Все русскоязычные литературные источники должны быть указаны на английском языке. Издания, которые не переводятся, необходимо указать транслитерацией в соответствии с общепринятыми международными правилами, в конце каждого такого источника должна стоять пометка (in Russian) (см. <http://www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html>).

Для журнальной статьи должны быть указаны фамилии и инициалы всех авторов, название статьи, сокращенное название журнала, год, номер тома, номер или выпуск, диапазон страниц и DOI (при наличии), например, DOI: 10.6060/2012.01.01.

Ссылки на статьи из иностранных источников:

1 Фамилия И.О. (англ.), 2 Фамилия И.О. (англ.) Название статьи (англ.). Название журнала (англ.). Год. Том (Vol.). Номер (No.). Диапазон страниц (например, P. 465-472). DOI (например, DOI: 10.13655/1.6.1234567).

Ссылки на статьи на русском языке [перевод на английский]:

1 Фамилия И.О., 2 Фамилия И.О. Название статьи. Название журнала. Год. Том. Номер. Диапазон страниц. [1 Familia I.O., 2 Familia I.O. Перевод названия статьи. Официальное название на английском языке/Транслитерация названия журнала. Год. Том (Vol.). Номер (No.). Диапазон страниц, например: P. 17-23 (in Russian)].



Ссылки на монографии на иностранном языке:

1 Фамилия И.О. (англ.), 2 Фамилия И.О. (англ.) Название книги (англ.). Номер переиздания. Город (англ.): Издательство (англ.). Год. Общее число страниц (например: 372 p.)

Ссылки на монографии на русском языке [перевод на английский]:

1 Фамилия И.О., 2 Фамилия И.О. Название монографии. Город: Издательство. Год. Общее число страниц (например: 456 с.) [1 Familia I.O., 2 Familia I.O. Перевод названия монографии на англ. язык. Gorod: Izdatelstvo. God. 456 p. (in Russian)].

Ссылки на интернет-ресурсы:

Название материала на сайте [сайт]. Название сайта; 2016 [обновлено 19 октября 2016; процитировано 30 октября 2016]. Доступно: <http://www.example.ru>

Примеры оформления ссылок на литературные источники

Литература

1. **Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B., Gordina N.E.** The adsorption of undesirable impurities from sunflower oil the granulated sorbents based on caolin clay. *Int. J. Food Eng.* 2014. Vol. 10. No. 4. P. 713-720.

2. **Разговоров П.Б., Ситанов С.В., Козлов В.А.** Изучение взаимодействия некоторых затравочных материалов и сложноэфирной составляющей воскоподобных веществ. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2002. Т. 45. Вып. 1. С. 34-37.

3. **Разговоров П.Б., Ситанов С.В.** Экспресс-анализ восков в растительных маслах. *Масложир. пром-сть.* 2009. № 3. С. 21-23.

4. **Разговоров П.Б., Горшков В.К.** Технологическое оборудование отрасли: расчеты в масложировых производствах: учеб. пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2009. 48 с.

REFERENCES

1. **Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B., Gordina N.E.** The adsorption of undesirable impurities from sunflower oil the granulated sorbents based on caolin clay. *Int. J. Food Eng.* 2014. Vol. 10. No. 4. P. 713-720.

2. **Razgovorov P. B., Sitanov S.V., Kozlov V.A.** Investigation of interaction of some priming (fuse) materials and ester component of wax-like compounds. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2002. Vol. 45. No. 1. P. 34-37 (in Russian).

3. **Razgovorov P.B., Sitanov S.V.** Express analysis of waxes in vegetable oils. *Maslozhir. promyshl.* 2009. No 3. P. 21-23 (in Russian).

4. **Razgovorov P.B., Gorshkov V.K.** Processing equipment of industry: calculations in oil and fat productions: tutorial. Ivanovo: ISUCT. 2009. 48 p. (in Russian).

**УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION



ТОМ 2, ВЫПУСК 4, 2021 | VOL. 2, ISSUE 4

