

На правах рукописи

Ткаченко

ТКАЧЕНКО СЕРГЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ДРЕВЕСНЫЙ СВЕТОПРОПУСКАЕМЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ
И ДЕКОРАТИВНЫЙ БЕТОН НА ЕГО ОСНОВЕ**

2.1.5 Строительные материалы и изделия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Заслуженный работник высшей школы РФ
Пичугин Анатолий Петрович

Официальные оппоненты: **Кондращенко Валерий Иванович**
доктор технических наук, старший научный
сотрудник, ФГАОУ ВО «Российский
университет транспорта» (РУТ (МИИТ),
профессор кафедры «Строительные
материалы и технологии»

Пантюшина Лариса Николаевна
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И.
Ползунова», доцент кафедры
«Строительные конструкции»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»**

Защита состоится **09 декабря 2025** года в 14.00 на заседании
диссертационного совета 24.2.510.01 на базе ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет» (Сибстрин)» по адресу: 630008, г. Новосибирск, ул.
Ленинградская, стр. 113, ауд. 230.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин)» и на сайте:

https://www.sibstrin.ru/dissovet/24.2.510.01/anons/obyavleniya_o_zashite/.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Смирнова Ольга
Евгеньевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Декоративные бетоны и изделия на их основе относятся к категории легких конгломератов. Современное строительство связано с использованием искусственных каменных и органических строительных материалов, а объем их производства в мире составляет более 4 млрд м³ в год. Область применения древесноминеральных материалов определяется разными видами зданий и сооружений при возведении несущих и самонесущих стен, перегородок, стяжек полов и множества других объектов инфраструктуры строительства. Одними из главных недостатков данных изделий считаются их влаго- и водопоглощение, отсутствие эстетичности, малая декоративность, серость и монотонность, что вызывает необходимость в разработке конгломератов нового поколения с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Одним из решений задачи повышения эффективности декоративных древобетонов и изделий на их основе может стать использование светопропускаемых заполнителей, в т.ч. из древесины малоценных пород. Увеличить возможности применения данных бетонов и повысить их показатели качества можно внедрением светопроницаемой древесины, открывающей новые пути использования в архитектуре, строительстве и дизайне.

В настоящее время деревообрабатывающая промышленность перерабатывает до 60 млн м³ в год отходов лесопиления и деревообработки, из которых 5–8 млн м³ представляют собой кусковые отходы. Данные отходы могут быть использованы для получения древобетонных изделий нового типа. Это соответствует одному из приоритетов государственной политики в области обращения с отходами на период до 2030 года, утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 января 2018 года № 84-р, а также отраслевой программе «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов на 2022–2030 годы» от 29 декабря 2022 года № 16133п-П11.

Учитывая эстетичность, экологичность и возобновляемость древесины, ее введение в технологический процесс производства декоративного легкого бетона со световыми свойствами, перспективы данного материала могут быть неограниченными.

Степень разработанности темы. В отечественной и зарубежной литературе рассмотрены различные пути улучшения качества декоративных бетонов. В ряде стран проведением исследований по получению бетонов светопроводящих на основе оптических волокон и призм, в т.ч. его новых разновидностей. В этом направлении занимались отечественные и зарубежные учёные: Арцукевич И.М., Ещенко Т.В., Исаченко С.Л., Карпачева А.А., Кодзоев М.Х., Панова В.Ф., Панов С.А., Пустовгар А.П., Удодов С.А., Чумадова Л.И., Шишкин А.В., Щербань А.В., Barle M., Cangiagno S., Carminati A., Christandl D., Christandl J., Fisher O., Gries T., Han

B., Hofer R., Jugdar R.V., Losoncz A., Ou J., Roye A., Sawant A.B., Sawant S.G., Shen J., Shreyas K., Wirtz C., Wirtz M., Zhang L., Zhou Z. и др. По результатам ряда исследований, направленных на поиск путей улучшения функционального применения растительного сырья, выявлены широкие возможности в использовании малоценных пород и отходов деревообработки на основе оптически светопроницаемой древесины.

Цель исследования – разработка научно-обоснованного технологического решения получения древесного светопроницаемого заполнителя делигнификацией и последующей обработкой пропитывающими композициями для бетонных декоративных изделий.

Задачи исследования:

1. исследовать влияние обработки различными видами и веществами древесины на изменение её светопроницаемости и выбор оптимального соотношения компонентов веществ;
2. разработать специальную установку для проведения фотометрических исследований и оценки светопропускания обработанной древесины;
3. разработать масляно-скипидарную композицию и определить технологические режимы, обеспечивающие стабильные свойства древесины светопроницаемой;
4. разработать состав декоративного легкого бетона на основе древесины светопроницаемой;
5. разработать блок-схему изготовления изделий из декоративного легкого бетона с фотометрическими свойствами и регламентирующую документацию для внедрения результатов исследований;
6. выполнить расчет технико-экономической эффективности производства изделий из декоративного бетона с фотометрическими свойствами в сравнении с традиционным древобетоном и цементным бетоном светопроводящим с оптическими волокнами.

В диссертации выдвигается **рабочая научная гипотеза**: древесный светопроницаемый заполнитель из малоценных пород – березы и осины может быть получен делигнификацией и последующей пропиткой масляно-скипидарной композицией, что позволит получать изделия из декоративного бетона с фотометрическими свойствами.

Объектом исследования является древесный светопропускаемый заполнитель из малоценных пород древесины – березы и осины для декоративного легкого бетона.

Предметом исследования являются свойства древесного светопропускаемого заполнителя и декоративного легкого бетона со световыми характеристиками.

Научная новизна.

1. Установлена зависимость между величинами условной вязкости и поверхностного натяжения разработанной масляно-скипидарной композиции и светопроницаемостью делигнифицированной древесины: при соотношении растительного масла (80–90 %) и скипидара (10–20 %) обеспечивается минимальная условная вязкость и поверхностное натяжение, позволяющие обеспечить светопропускание до 85–92 %. Пропитанная данной композицией древесина светопропускающая обладает повышенной термостойкостью и минимальной деформацией при сжати, свидетельствующими о прочном связывании компонентов (температурный переход на термомеханической кривой в текучее состояние повышается со 180–190 °С до 250–260 °С).

2. Выдерживание пропитанной масляно-скипидарной композицией древесины при температуре 75–85 °С в течение 25–35 минут способствует процессу эпоксидирования растительного масла за счет образования в смеси эпоксидных групп, что подтверждается ИК-спектральными исследованиями при полосе поглощения в районе $820\text{--}840\text{ см}^{-1}$ (823 см^{-1} и 841 см^{-1}) на спектрограммах; йодное число возрастает на 47–62 г $I_2/100\text{ г}$, а эпоксидное число на 14–18 г/экв, обеспечивая химическое взаимодействие между эпоксидированным растительным маслом и компонентами древесины. Это также способствует повышению светопропускания и усилению адгезионного контакта древесного заполнителя к жидкостекольному вяжущему, изменяя характер отрыва с чисто адгезионного на адгезионно-когезионный.

3. Установлено, что введение нанодобавки кислого кремнезоля 2–3 % в жидкостекольное вяжущее, используемое в качестве связующего в декоративном бетоне светопропускающем, обеспечивает увеличение адгезионной прочности с делигнифицированной древесиной с 0,3–0,4 МПа до 0,9–1,6 МПа.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

1. дополнены представления о процессах взаимодействия отбеливающего раствора, воды, органических растворителей, растительных масел и масляно-скипидарной композиции с древесным заполнителем, что подтверждается высокими световыми свойствами при минимальном расходе данных реагентов;

2. расширены знания о характере и процессах взаимодействия воздушных (жидкостекольных) вяжущих с древесными светопропускаемыми заполнителями;

3. дополнены сведения о процессах взаимодействия заполнителей, вяжущего и добавок в компонентном составе декоративных бетонных смесей, о чем свидетельствуют достаточно высокие физико-механические и

фотометрические свойства светопропускающего композита при сниженном расходе связующего;

4. рационально подобраны технологические и рецептурные параметры химически обработанной древесины, позволяющие рекомендовать такой материал для изготовления декоративных бетонов, обладающих светопропусканием, что важно для эффективной утилизации отходов деревообработки и архитектурно-декоративного оформления интерьеров зданий и сооружений, а также в дизайнерских проектах.

Практическая значимость работы определена тем, что:

1. разработан пропитывающий состав на основе растительного масла и скипидара для обработки древесины, обладающий высоким светопропусканием для образцов и является экологически безопасным и доступным;

2. предложена масляно-скипидарная композиция для получения древесных заполнителей со стабильными световыми свойствами, состоящая из экологически безопасных материалов на основе растительного масла и скипидара. Получено положительное решение по заявке на патент РФ;

3. сконструирована установка для определения фотометрических свойств древесины и декоративного бетона светопропускаемых, на которую получен Патент РФ № 279 18 49;

4. установлены оптимальные рецептурные и технологические параметры приготовления декоративной бетонной смеси светопроницаемой на основе отходов деревообработки с достижением светопропускаемости 64–79 %. Данная смесь светопропускающая включает разнофракционный светопропускаемый заполнитель, жидкостекольное вяжущее из натриевого жидкого стекла и кислого кремнезоля. Получен декоративный бетон светопроницаемый с прочностью на растяжение при изгибе 1,9–2 МПа и на сжатие 5,7–5,9 МПа;

5. разработаны временные технические условия (ВТУ 178-340-003-04-2022) на декоративный бетон со светопропускающим древесным заполнителем и порядок его производства. Приготовление смеси осуществляется из 80–90 % предварительно обработанной древесины разных фракций (3–5 мм, 5–10 мм, 10–20 мм), обеспечивающих требуемых технико-экономических показателей. Применение древесных светопропускаемых заполнителей в составе декоративного бетона позволило уменьшить себестоимость его приготовления на 60–70 % в сравнении с цементным бетоном светопроводящим на оптических волокнах.

Методология и методы исследования.

Методологическая основа работы – фундаментальные и прикладные исследования отечественных и зарубежных ученых в области получения многофункциональных декоративных бетонов. Для изучения компонентов и декоративных бетонов, основанные на них, использованы аттестованные и поверенные приборы и оборудование, позволившие обеспечить достоверные

результаты. Применены следующие методы: фотоэлектроколориметрия, микроструктурный анализ, реологические и термомеханические исследования, УФ-спектрофотометрия, ИК-спектроскопия, рефрактометрия, метод отрыва адгезиметром, метод одноосного сжатия, pH-метрия, химические методы (определение йодного и эпоксидного числа) и др. Показатели качества готовых образцов древесины и декоративного бетона определялись в соответствии с нормативно-техническими документами. Применена сконструированная установка для определения фотометрических свойств древесины и декоративного бетона светопропускаемых.

Положения, выносимые на защиту:

1. отработка оптимального рецептурно-технологического решения получения древесины светопропускаемой с пропитывающим составом на основе масляно-скипидарной композиции;
2. установленные закономерности влияния рецептурных факторов и дозировки древесных светопропускающих заполнителей на физико-механические, фотометрические и эксплуатационные свойства декоративного бетона;
3. доказанная возможность использования такой древесины в качестве крупного заполнителя декоративного бетона, с обеспечением заданных фотометрических свойств светопропускания;
4. состав и свойства декоративного бетона светопропускаемого, обеспечивающие достаточную адгезию древесного заполнителя к связующему при сохранности заданных фотометрических характеристик.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов работы определяется подтверждением полученных экспериментальных данных результатами лабораторных испытаний с применением разных методик, а также современных высокотехнологичных аттестованных и поверенных приборов и оборудований с учетом требований нормативно-технических документов российских стандартов; соответствием полученных результатов общепризнанным фактам и трудам других авторов.

Внедрение результатов исследований. Качественная характеристика от реализации намеченных результатов – вовлечение в производство изделий из декоративного бетона на основе кусковых отходов деревообработки, что способствует сокращению отходов и загрязнению территории, а также снижение негативного влияния на экологию.

По результатам работы разработаны составы светопропускающего декоративного бетона и технология их изготовления, прошедшие производственное апробирование, которое проводилось в строительной компании Новосибирской области ООО «Куйбышевский завод железобетонных изделий и конструкций» (г. Куйбышев), выпущена опытная партия изделий светопропускаемых из декоративного бетона в виде плит декоративных отделочных светопропускаемых. Разработаны и утверждены нормативно-технические документы на предложенные плиты из

декоративного бетона со светопропускающим древесным наполнителем и их производства.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на международной научно-технической конференции «Эффективные материалы и технологии для транспортного и сельскохозяйственного строительства» (Новосибирск, 2020); XIV, XV, XVI Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы архитектуры и строительства» (Новосибирск, 2021–2023); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и техники. 2021» (Ростов-на-Дону, 2021); Международная конференция «Моделирование и оптимизация строительных композитов» (Одесса, 2021); XIII Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО НГАУ «Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования» (Новосибирск, 2021); Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы строительного материаловедения» (Улан-Удэ, 2021); III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России» (Новокузнецк, 2022); Международном студенческом строительном форуме – 2022 «Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее» (Симферополь, 2022); Международной научно-практической конференции «Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование» (Иваново, 2024); Международных научно-практических и научно-технических конференциях «Качество. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2021–2025).

Публикации. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 20 работах, из которых в журналах, рекомендованных ВАК РФ – 6, в изданиях, цитируемых в международных базах Scopus – 2. Получен патент РФ на изобретение № 2791849.

Личный вклад автора состоит в проведении теоретического анализа информации по теме исследования, определении задачи исследования, выборе методов исследования, планировании и реализации экспериментов, анализе и обобщении полученных данных.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, заключения и приложений, изложена на 212 страницах машинописного текста, включает 46 рисунков, 38 таблиц, 11 приложений и содержит список литературы из 183 наименований.

Область исследования специальности 2.1.5: соответствует паспорту научной специальности 2.1.5 – «Строительные материалы и изделия», п. 9 Разработка составов и совершенствование технологий изготовления эффективных строительных материалов и изделий с использованием местного сырья и отходов промышленности, в том числе повторного использования материалов от разборки зданий и сооружений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении объяснена актуальность темы диссертационной работы, установлены цель и задачи исследования, приведены научная новизна и значимость достигнутых результатов работы.

В первой главе проведен аналитический обзор научной литературы по бетонам и древесине светопропускающим, проблемам их применения в архитектуре, строительстве и дизайне.

Во второй главе приведены характеристики применяемых материалов, описаны методы исследования, приборы и оборудования.

Для исследований использованы: древесина и древесные отходы породы береза (ООО «Амет», РФ) (в качестве основного заполнителя светопроницаемого) ГОСТ Р 56070-2014, вода по ГОСТ Р 51232-98 (растворитель химикатов отбеливающего раствора), химические вещества: 18 % перекись водорода техническая марки А (ООО «ПроХим», РФ) ГОСТ 177-88; 1–2 % щелочной агент высшего сорта (ООО «Технопром», РФ) ГОСТ Р 55064-2012, пропитывающие компоненты: подсолнечное и кукурузное масло (ООО «Алтайское Поместье», РФ) ГОСТ 1129-2013 и ГОСТ 8808-2000 соответственно; соевое масло (ООО «Иркутский Масложиркомбинат», РФ) ГОСТ 31760-2012, скипидар (ООО «ИВК-ПЛЮС», РФ) (модификатор, разбавитель) ГОСТ 2768-84, связующие: натриевое и калиевое жидкие стекла производства ООО «Химснаб» по ГОСТ 13078-2021 и ООО «Ротекс» по ГОСТ 18958-73 РФ соответственно, нанодобавки: кислый и щелочной кремнезоли марок Nanosil-30А и «Лэйксил» 30 производств ПК «Промстеклоцентр» и НТЦ «Компас» РФ по ТУ 20.13.62-001-36426128-2018 с изменениями № 2 и ТУ 2145-012-61801487-2014 соответственно; алюмозоль (НТЦ «Компас», РФ) по ТУ 2163-007-61801487-2009, уксусная кислота синтетическая пищевая 9 % по ГОСТ Р 56968-2016 от ООО «ИРГА Про», РФ (модифицирующие добавки), кремнеземистый мелкий заполнитель марки КСМК (АО «АМК-Химики», РФ) соответствует ГОСТ 3956-76, защитное акриловое покрытие (ООО «ЛАКРА СИБИРЬ», РФ) ГОСТ Р 52020-2003 (защитное покрытие).

Исследование свойств, составов и структур древесины, отходов деревообработки, пропитывающих компонентов и декоративного бетона светопропускаемого применяли как стандартные методы испытаний и измерений, изложенные в ГОСТ 8420-2022, 50003-92, 10180-2012, 12730.1-2020, 10181-2014, 19773-84, 7319-2019, 32385-2013, 18995.2-2022, так и современные физико-химические методы исследования: микроструктурные (УФ-спектрофотометрия), фотоэлектроколориметрия, термомеханические, ИК-спектроскопия, химические методы (определение йодного и эпоксидного числа), определение адгезии методом отрыва и эпоксидирование растительных масел. В т. ч., с помощью сконструированной установки определялась светопроницаемость древесины и декоративного бетона.

В третьей главе для подтверждения рабочей научной гипотезы в части возможности расширения функциональных характеристик и обоснования практического применения декоративного бетона светопрозрачного исследована способность древесины пропускать свет в сконструированной установке для определения световых свойств материалов (рис.1).

Определены следующие фотометрические свойства: светопрозрачность, освещенность, светопоглощение, светимость, сила света и яркость. Выявлены основные факторы, влияющие на данные показатели, в частности, светопрозрачность: количество отбеливаний древесины, органические растворители, растительные масла и пропитывающий состав, показатели преломления, условная вязкость, поверхностное натяжение, процентное содержание и соотношения компонентов масляно-скипидарной композиции.

Изучено влияние количества отбеливаний древесины на ее светопрозрачность. Установлено, что после каждого отбеливания древесины, ее светопрозрачность растет.

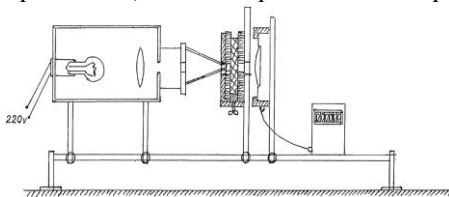


Рисунок 1 – Схема установки для определения светопропускания древесины и декоративного бетона

Исследовано влияние органических растворителей, их показателя преломления и поверхностного натяжения на светопропускание древесины (рис.2 и 3).

Из графика (рис.2) видно, что после сушки древесных образцов, пропитанные этанолом, скипидаром, ацетоном и сольвентом, идут заметные потери их светопропускания. Например, абсолютные потери светопропускаемости образца с ацетоном меньше, чем образца со скипидаром.



Рисунок 2 – Влияние органических растворителей на светопропускание древесины

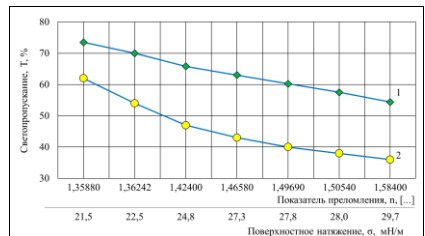


Рисунок 3 – Влияние показателя преломления (1) и поверхностного натяжения (2) растворителей на светопропускание древесины

При сравнении образцов с сольвентом и ксилолом, ацетоном и этанолом, процентное содержание смесей ароматических углеводородов в них меньше, чем растворителей (23,11 % и 28,80 % против 17,18 %).

По графику (рис.3) светопроницаемость древесины неуклонно падает ввиду того, что чем больше показатель преломления и поверхностное натяжение органических растворителей, тем ниже светопропускание образцов.

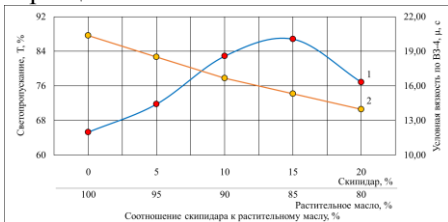


Рисунок 4 – Зависимость светопропускания древесины (1) от условной вязкости (2) и соотношения скипидара и растительного масла

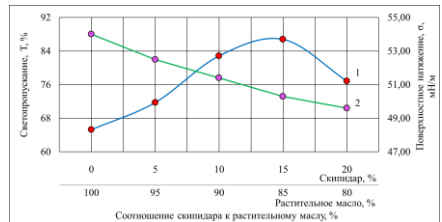


Рисунок 5 – Зависимость светопропускания древесины (1) от поверхностного натяжения (2) и соотношения скипидара и растительного масла

По рис.4 при содержании скипидара в композициях в интервале от 10 % до 20 %, с максимумом 15 %, древесные образцы показывали увеличение светопроницаемости со значениями 83 %, 87 % и 77 % соответственно. На графике (рис.5) отмечается, что при поверхностном натяжении масляно-скипидарных композиций от 51,4 мН/м до 49,6 мН/м и процентном содержании скипидара в данных композициях в диапазоне 10–20 %, достигается максимум при 15 % и наблюдался рост светопропускания образцов.

Для проверки влияния растительных масел на светопроницаемость древесины, проведены дополнительные экспериментальные исследования (рис. 6). На графике показано, что после сушки образцов происходят потери их светопропускаемости.



Рисунок 6 – Влияние растительных масел на светопропускание древесины

Отражена зависимость светопропускаемости древесных образцов от показателя преломления растительных масел в них (рис.7). По нему, светопроницаемость образцов неуклонно падает.

В большинстве случаев зафиксировано влияние поверхностного натяжения растительных масел на

светопропускание древесины (рис.8), т. е. при увеличении этого показателя отмечено резкое снижение светопропускания как для сухих, так и для влажных образцов.

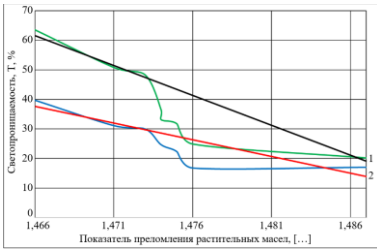


Рисунок 7 – Влияние показателя преломления растительных масел на светопропускание древесных образцов во влажном (1) и сухом (2) состоянии

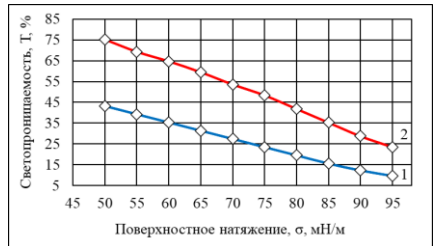


Рисунок 8 – Зависимость светопропускания древесных образцов от поверхностного натяжения растительных масел: 1) – в сухом состоянии, 2) – во влажном состоянии

После проведенной инфильтрации древесины разработанной масляно-скипидарной композицией, достигнуты следующие значения световых свойств: светопрозрачность до 85–92 %, освещенность 1 008–1 104 лк, светимость 1 008–1 104 лм / м², сила света 91–99 кд, яркость 60 480–66 240 кд / м² и светопоглощение 15–8 % соответственно.

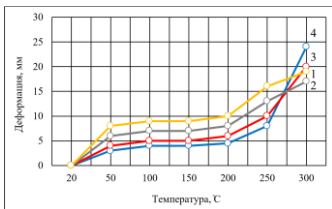


Рисунок 9 – Термомеханические кривые древесных образцов, пропитанных растительным маслом и скипидаром: 1 – без модификатора; 2 – с добавлением скипидара 5 %; 3 – то же, 10 %; 4 – то же, 15 %

и 3), что говорит о лучшем проникновении жидкостей и химическом взаимодействии с внутренней поверхностью капилляров древесины. Образцы с растительным маслом и с 15 % скипидара (кривая 4), имеют самые низкие показатели деформации, температурный переход в жидкое состояние происходит после 250–260 °C, что говорит о высокой степени термостойкости и достаточно прочном связывании компонентов.

В табл.1 представлены результаты оптимизации разработанного состава декоративного бетона светопропускаемого на древесном заполнителе различных фракций (3-5 мм; 5-10 мм; 10-20 мм) путем полного двухфакторного планирования эксперимента.

Для оценки свойств готовилась древобетонная смесь следующего состава на 1 кг / м³: вяжущее вещество 295 кг / м³, древесный заполнитель 375 кг / м³.

Обнаружены структурные изменения в объеме древесных образцов, после проведенных термомеханических исследований. На рис.9 показаны термомеханические кривые образцов, пропитанных растительным маслом, скипидаром. Образец с растительным маслом, имеет повышенную деформацию, термостойкость ограничивается на уровне 220 °C (кривая 1). Образцы с растительным маслом со скипидаром, имеют меньшие значения деформации и более высокую термостойкость (кривые 2 и 3), что говорит о лучшем проникновении жидкостей и химическом взаимодействии с внутренней поверхностью капилляров древесины. Образцы с растительным маслом и с 15 % скипидара (кривая 4), имеют самые низкие показатели деформации, температурный переход в жидкое состояние происходит после 250–260 °C, что говорит о высокой степени термостойкости и достаточно прочном связывании компонентов.

Таблица 1 – Условия оптимизации состава по плотности декоративного бетона

Наименование фактора	Условное обозначение	Среднее значение фактора, X_i	Интервал ΔX_i	Значения фактора	
				+1	-1
Содержание древесного заполнителя, кг/м ³	X_1	375	50	425	325
Структурный фактор, б.в.	X_2	0,30	0,05	0,35	0,25
Объемное содержание древесной массы в смеси, %	X_3	0,6	0,1	0,7	0,5

Примечание: б.в. – безразмерная величина.

Получены уравнения регрессии (1 и 2) за счет которых можно моделировать состав декоративного бетона светопропускающего в зависимости от требуемых показателей. При этом среднее соотношение «вяжущее : древесина светопроницаемая» по массе составило в пределах 1 : 1,5–1 : 2. Для зависимости плотности смеси от содержания древесного заполнителя и соотношения органической и минеральной фазы получено уравнение:

$$Y = 885,75 + 1,25 \cdot X_1 + 1,50 \cdot X_2 - 5,75 \cdot X_3. \quad (1)$$

Аналогичным образом получено уравнение регрессии прочности получаемого декоративного бетона.

$$5,0 = 4,32 + 1,79 \cdot X_1 - 0,87 \cdot X_2 - 0,31 \cdot X_3. \quad (2)$$

Основная задача – оптимизация состава, т. е. создание материала с прочностью не ниже 5,0 МПа и плотностью не более 900 кг / м³ при минимальном расходе жидкого стекла. По данным планирования эксперимента найдено оптимальное соотношение компонентов исследуемых древобетонных смесей для требуемой прочности 5,0 МПа: связующего 310 кг и крупного древесного заполнителя со светопроницаемым эффектом 420 кг, равное 3,1 / 4,2, что обеспечивает требуемую прочность при минимальном расходе составляющих.

Четвертая глава. Светопропускание древесины зависит от наличия остаточного лигнина, связующих, применяемых для получения декоративного бетона из органических наполнителей, являются показатели прочности и адгезии с органическим наполнителем. По рис.10 естественная древесина поглощает раствор красителя лишь до 10 %, тогда как делигнифицированная (древесина без лигнина) и обработанная (масляно-скипидарной композицией) древесина имеет заметно большую сорбционную способность от 31 до 34 % соответственно.

Отмечено резкое увеличение поглощательной способности древесины для образцов, после проведения делигнификации, в отличие от естественных образцов – светопропускание возрастает до 48–62,5 %. (рис.11).

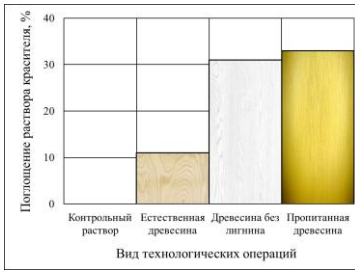


Рисунок 10 – Влияние видов технологических операций на поглощательную способность древесины

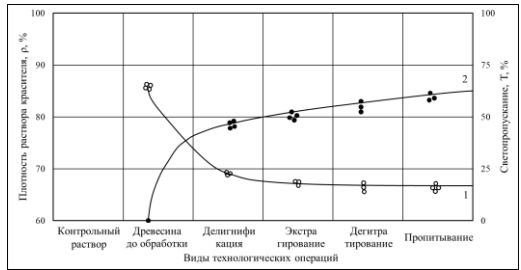


Рисунок 11 – Влияние плотности раствора красителя (1) и видов технологических операций на светопропускаемость древесины (2)

На рис.12 и 13 представлены спектры сорбционной емкости и поглощения образцов древесины на различных стадиях обработки.

Из анализа спектров сорбционной емкости (рис.12) с наибольшим количеством примесей – образцы под номером 2, т. к. у них наибольший коэффициент сорбционной емкости. Образцы с самым большим содержанием примесей – необработанные под номером 1, поскольку содержат примесь, которая стабилизируется в более глубоких слоях волокон, зафиксированная в области 410–700 нм и уменьшающая степень общей сорбционной емкости материала в этом диапазоне, т. к. он в естественном состоянии, где примесные факторы более упорядоченные, что отвечает реальной структуре древесины. В образцах номер 5 тоже присутствует примесь, находящаяся в приповерхностных слоях волокон и уменьшающая степень сорбционной емкости этого образца из-за наличия растительного масла со скипидаром. Наличие примеси понижает степень прозрачности образцов, что следует из увеличения значения длины волны от 316 нм (для образцов 2–4) до 325 нм (для образцов 5) и далее до 334 нм (для образцов 1).

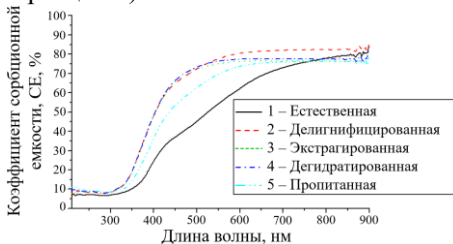


Рисунок 12 – Спектры сорбционной емкости древесных образцов после различных этапов обработки

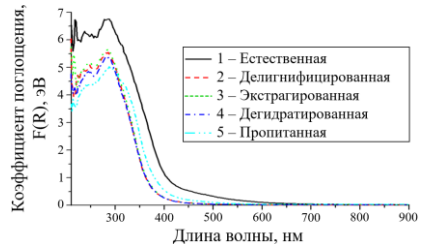


Рисунок 13 – Спектры поглощения древесных образцов после различных этапов обработки

Из анализа спектров поглощения в диапазоне 300–400 нм (рис.13) видно, что наименьшее значение ширины запрещенной зоны (E_g , эВ) наблюдается для образца 1. Промежуточное значение E_g для образца 2. В то время как для остальных трех образцов (3, 4 и 5) значение E_g очень близкое

или почти одинаковое ($\pm 0,1$ эВ). Наименьшее значение E_g свидетельствует о наибольшем количестве примеси, присутствующей в образцах 1.

Подтверждением результатов проведенных исследований явились выполненные микроструктурные исследования (рис.14).

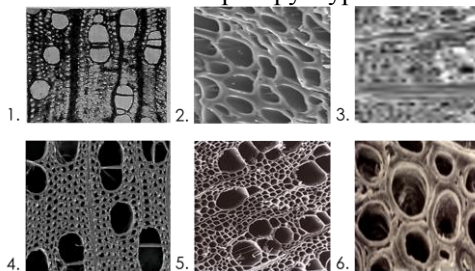


Рисунок 14 – Микрофотографии структуры древесины на различных этапах обработки для обеспечения светопропускания: 1) – строение березы (поперечный разрез), $\times 750$; 2) – структура клеток древесины с лигнином, $\times 1200$; 3) – то же, продольный разрез, $\times 1200$; 4) – структура древесины после делигнификации, $\times 1200$; 5) – структура древесины после дегидратирования (поперечный разрез), $\times 1200$; 6) – то же, после пропитки масляно-скипидарной композицией, $\times 1500$

Из рис.14(1), 14(2) и 14(3) структура клеток древесины практически полностью законсервирована лигнином, что свидетельствует о достаточно большом его количестве в массиве необработанного образца. После делигнификации на срезах остаются в основном фрагменты сосудов и капилляров, состоящие из целлюлозы (рис. 14(4) и 14(5). Пропитывание образцов масляно-скипидарной композицией приводит к появлению на внутренней поверхности сосудов и капилляров масляной пленки, что хорошо просматривается на рис. 14(6).

При делигнификации древесины отбеливающим раствором, происходят следующие процессы взаимодействия между гидропероксидом натрия и лигнином: гидропероксид-ионы пероксида водорода и щелочной агент (натронная щелочь) разрушают лигнин, т. е. деградируют его трехмерную сетчатую пространственную структуру, т. к. в нем начинают расщепляться α - и β -эфирные связи, кислород-углеродные (простые эфирные) связи C–O–C (алкил–O–арил (связи алкиларилового простого эфира), арил–O–арил (связи диарилового эфира) и алкил–O–алкил (связи диалкилового эфира)), углерод-углеродные связи C–C (алкил–арил (алкиларильные); арил–арил (диарильные) и алкил–алкил (диалкильные)), ароматические кольца, функциональные группы (гидроксильные (–OH), метоксильные (–OCH₃), карбонильные (–CO) и карбоксильные (–COOH)). Под действием гидропероксида натрия (перекисного соединения) (NaOOH) возникает отщепление метоксильных групп в лигнине по уравнению химической реакции, представленной ниже:

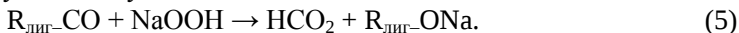


В результате реакции образуются свободные фенольные гидроксилы, с которыми гидропероксид натрия образует феноляты.

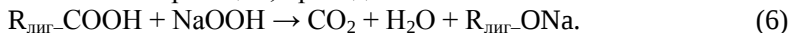
При взаимодействии NaOOH и гидроксильной группой формируются следующие продукты химической реакции:



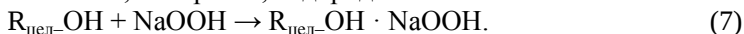
– при вступлении в реакцию отбеливающего раствора с карбонильной группой образуется следующее:



– действие NaOOH на карбоксильную группу лигнина происходит по уравнению химической реакции, приведенной ниже:



– процесс химического взаимодействия гидропероксида натрия с целлюлозой может протекать с образованием аддитивных или молекулярных соединений, где связь целлюлозы и NaOOH характеризуется молекулярными силами, конкретно, водородными связями:



По ИК-спектральным исследованиям подтвержден эффект эпоксидирования растительного масла, который отнесен к образованию в смеси эпоксидных групп. Сравнение спектров подсолнечного и эпоксидированного подсолнечного масел показало, что полос, характерных для двойных связей в областях $2\ 923\text{--}2\ 854\ \text{см}^{-1}$, $1\ 740\ \text{см}^{-1}$ на спектре эпоксидированного масла нет, зато появляется полоса поглощения в районе $820\text{--}840\ \text{см}^{-1}$, конкретнее при $823\ \text{см}^{-1}$ и $841\ \text{см}^{-1}$, характерная для эпоксидных групп. По химическому анализу проб установлено возрастание йодного и эпоксидного чисел на $47\text{--}62\ \text{г}\ \text{I}_2/100\ \text{г}$ и $14\text{--}18\ \text{г/экв}$ соответственно.

На рис.15 представлен характер изменения светопропускания декоративных бетонных образцов на делигнифицированной древесине березы при пропитывании растительным маслом, масляно-скипидарной композицией и этой же композицией с термопрогревом.

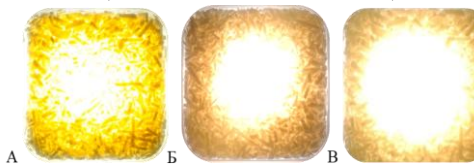


Рисунок 15 – Характер изменения светопропускания декоративных бетонных образцов на делигнифицированной древесине березы при пропитывании и пропитывании с термопрогревом: А – пропитывания растительным маслом; Б – тем же, со скипидаром; В – то же, с термопрогревом в течение 30 мин при температуре $75\ ^\circ\text{C}$

Отмечено, что наибольшими значениями по фотометрическим свойствам обладают разработанные составы декоративного бетона светопроницаемого с термопрогревом пропитанной древесины с соотношением компонентов $1 : 2 : 1$, а именно, светопропускаемость $76\text{--}79\ \%$ (на $26\text{--}29\ \%$ выше цементного бетона светопроводящего с оптическими призмами ($50\ \%$) (по данным Italcementi Group)), освещенность $912\text{--}948\ \text{лк}$, светимость – $912\text{--}948$

лм / м², сила света – 82–85 кд, яркость – 4 560–4 740 кд / м² и светопоглощение 24–21 %.

Проведены исследования по выбору оптимального вяжущего и стабилизирующих компонентов для декоративного бетона. Доказано, что введение нанодобавки кислого кремнезоля 2–3 % в жидкостекольное вяжущее, используемое в качестве связующего в светопропускающем, декоративном бетоне обеспечивает увеличение адгезионной прочности с делигнифицированной древесиной с 0,3–0,4 МПа до 0,9–1,6 МПа.

В пятой главе приведены результаты исследований, использования предложенных ВТУ в производственных условиях и технико-экономическая оценка предложенных решений. На основании полученного состава, технологических схем изготовления древесного светопроницаемого заполнителя и его отходов, в т. ч. декоративного бетона светопропускаемого, разработана блок-схема технологии производства изделий из данного материала со следующими свойствами: светопроницаемость 64–79 %, прочность при изгибе и сжатии 1,2–2 МПа и 3,4–5,9 МПа соответственно (рис.16). Для сохранения светопропускания декоративного бетона рекомендуется использовать защитный акриловый лак.

Результаты исследований, реализованные на кафедре «Строительных материалов, стандартизации и сертификации» НГАСУ(Сибстрин) по обеспечению фотометрических и физико-механических характеристик модифицированного исследуемыми добавками декоративного бетона позволили организовать выпуск опытной партии древобетонных светопропускающих изделий и плит (акты представлены в диссертационной работе).

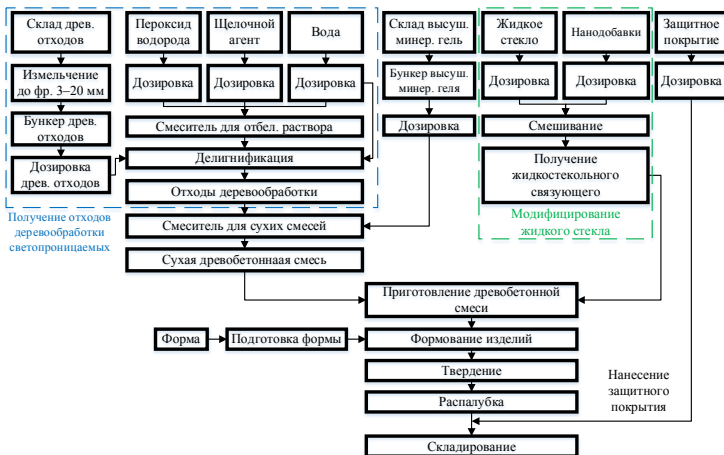


Рисунок 16 – Блок-схема технологии производства изделий из декоративного бетона светопропускаемого

Производственная апробация подтвердила целесообразность применения декоративного бетона светопропускающего и изделий на его основе для обеспечения фотометрических и физико-механических характеристик в нем.

Обоснована технико-экономическая эффективность внедрения декоративного бетона светопропускаемого, стоимость которого за 1 м^3 ниже на 60–70 % по сравнению с цементным бетоном светопроводящим с оптическими волокнами.

Разработанные временные технические условия (ВТУ 178-340-003-04-2022) одобрены и приняты для использования в проектной деятельности, производстве древесобетонных блоков и плит на производственном участке ООО «СтройТехЭкспертПроект» и ООО «Куйбышевский завод железобетонных изделий и конструкций». Опытно-промышленные испытания, выполненные на предприятии ООО «Куйбышевский завод железобетонных изделий и конструкций» (г. Куйбышев), свидетельствует о соответствии полученных изделий из декоративного бетона светопропускающего требованиям действующей нормативно-технической документации и о возможности их широкого применения в сфере архитектуры, строительства и дизайна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования. Поставленные в работе задачи выполнены, цель достигнута.

1. На основе проведенных исследований бетонов с фотометрическими свойствами и декоративного бетона, их компонентов, изучены процессы обработанной древесины, как потенциально возможного заполнителя светопрозрачного.

2. Сконструирована установка для определения светопропускания древесины и декоративного бетона светопропускающих.

3. Экспериментально подтверждено повышение светопроницаемости древесины с понижением условной вязкости и величины поверхностного натяжения масляно-скипидарной композиции из растительного масла (80–90 %) и скипидара (10–20 %).

4. Установлено, что после пропитывания древесины разработанной масляно-скипидарной композицией, достигнута светопроницаемость 85–92 %, освещенность 1 008–1 104 лк, светимость 1 008–1 104 $\text{лм} / \text{м}^2$, сила света 91–99 кд, яркость 60 480–66 240 $\text{кд} / \text{м}^2$ и светопоглощение 15–8 % соответственно.

5. Установлено, что пропитанные растительным маслом с 15 % скипидара древесные образцы, имеют низкую деформацию, а температурный переход в деструктивное состояние происходит после 260°C , что свидетельствует о высокой степени термостойкости и достаточно прочному связыванию компонентов.

6. Получены уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между компонентами древобетонной смеси. найдено оптимальное соотношение компонентов исследуемых смесей декоративного бетона для требуемой прочности 5,0 МПа: связующего 310 кг и крупного древесного светопропускаемого заполнителя 420 кг, равное 3,1 / 4,2, что обеспечивает требуемую прочность.

7. Подтвержден эффект эпексидирования растительного масла, отнесенный к образованию в смеси эпексидных групп по результатам ИК-спектральных исследований в районе $820\text{--}840\text{ см}^{-1}$ и детальном увеличении спектрограммы при 823 см^{-1} и 841 см^{-1} .

8. Разработан состав декоративного бетона с наибольшими значениями фотометрических свойств: светопроницаемость 76–79 %, освещенность 912–948 лк, светимость – 912–948 лм / м², сила света – 82–85 кд, яркость – 4 560–4 740 кд / м² и светопоглощение 24–21 %. наивысшие значения прочности при изгибе и сжатии декоративного бетона составили 1,9–2 МПа и 5,7–5,9 МПа соответственно.

9. Доказано, что введение нанодобавки кислого кремнезоля 2–3 % в жидкостекольное вяжущее, используемое в качестве связующего в декоративном бетоне светопропускающем, обеспечивает увеличение адгезионной прочности с делигнифицированной древесиной с 0,3–0,4 МПа до 0,9–1,6 МПа, за счет проявления дополнительных связей в жидком стекле.

10. Разработана блок-схема технологии производства декоративного бетона с фотометрическими свойствами, с достижением светопропускания 64–79 %, с прочностью на растяжение при изгибе 1,2–2 МПа и на сжатие 3,4–5,9 МПа. Разработаны нормативно-технические документы по производству изделий из декоративного бетона для ООО «Куйбышевский завод железобетонных изделий и конструкций» и реализована производственная апробация предложенных решений.

11. Проведен расчет и обоснована технико-экономическая эффективность внедрения декоративного бетона светопропускаемого, стоимость которого за 1 м³ ниже на 60–70 % в сравнении с бетоном цементным светопроводящим на оптических волокнах.

Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по разработки темы заключаются в развитии теоретических представлений о формировании декоративного бетона со светопропускаемым эффектом, изучении стабильности светопропускания во времени; вовлечении в технологический процесс крупномасштабных отходов растительного происхождения и расширение номенклатуры эффективных видов декоративного бетона.

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы могут быть **рекомендованы** для внедрения на предприятиях по производству строительных материалов светопропускающих, в т. ч. могут

быть применены в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению «Строительство», специалистов по направлению «Строительство уникальных зданий и сооружений» и магистров по направлению «Строительство».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ

1. **Ткаченко, С.Е.** Оптимизация состава светопроницаемого арболита на древесном заполнителе / С.Е. Ткаченко, О.Е. Смирнова, В.Ф. Хританков, А.П. Пичугин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2025. – № 3 (795). – С. 32-40. – EDN: OHSBGQ. DOI: 10.32683/0536-1052-2025-795-3-32-40. (K1).
2. Пичугин, А.П. Изучение адгезионных свойств делигнифицированной светопропускающей древесины в строительных композитах / А.П. Пичугин, **С.Е. Ткаченко**, О.Е. Смирнова, Л.А. Митина // Эксперт: теория и практика. – 2024. – № 2 (25). – С. 37-43. – EDN: DDFPVV. DOI: 10.51608/26867818_2024_2_37. (K2).
3. Пичугин, А.П. Повышение светопропускающей способности делигнифицированной древесины при пропитке растительным маслом / А.П. Пичугин, **С.Е. Ткаченко**, О.Е. Смирнова // Эксперт: теория и практика. – 2024. – № 4 (27). – С. 88-92. – EDN: IQMVHY. DOI: 10.51608/26867818_2024_4_88. (K2).
4. Пичугин, А.П. Физико-химическая оценка влияния технологических факторов делигнификации на светопропускание древесины / А.П. Пичугин, Т.В. Ларина, О.Е. Смирнова, **С.Е. Ткаченко** // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 2 (21). – С. 82-88. – EDN: POWIA. – DOI: 10.51608/26867818_2023_2_82. (K1).
5. Пчельников, А.В. Диэлькометрический анализ эксплуатационных характеристик и процесса старения защитных покрытий / А.В. Пчельников, А.П. Пичугин, Р.В. Луцик, **С.Е. Ткаченко** // Эксперт: теория и практика. – 2022. – № 1 (16). – С. 14-22. – EDN: WIQQMF. DOI: 10.51608/26867818_2022_1_14.
6. Пичугин, А.П. Концепция формирования свойств материалов для архитектурно-декоративного оформления / А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков, А.В. Пчельников, О.Е. Смирнова, **С.Е. Ткаченко** // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021. – № 9 (753). – С. 21-32. – EDN: YDVSEQ. – DOI: 10.32683/0536-1052-2021-753-9-21-32.

Патент

7. Патент № 2791849 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/85. Устройство для определения прозрачности материалов: № 2022108549: заявл. 29.03.2022; опубл. 13.03.2023 / А.П. Пичугин, **С.Е. Ткаченко**, В.Ф. Хританков, О.Е. Смирнова, А.В. Пчельников.

В изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science

8. Pichugin A. Influence of surface tension forces of modifiers on some properties of composite materials / A. Pichugin, A. Pchelnikov, O. Smirnova, **S. Tkachenko** // Proceedings of the 6th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety. ICCATS 2022. 2023. Vol. 308. P. 268-276. – EDN: IWSGGS. DOI: 10.1007/978-3-031-21120-1_26.
9. Pichugin A. Principles of obtaining light permeable conglomerate materials based on wood filler / A Pichugin, V Khritanov, **S Tkachenko** // Journal of Physics:

Conference Series. Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021 (ИТММ 2021). 2021. Vol. 2131 (2021). P. 042033. – EDN: TSYCTP. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/4/042033.

В сборниках трудов конференций и иных изданиях

10. **Ткаченко, С.Е.** Роль наноразмерных добавок в формировании прочного контакта в древесобетоне / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // «Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование»: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Иваново. – 2024. – С. 180-183. – EDN: JFWMJT.

11. **Ткаченко, С.Е.** Повышение адгезии делигнифицированной древесины в архитектурно-декоративном бетоне // С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // Качество. Технологии. Инновации. Материалы VII международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2024. С. 262-265. – EDN: SEQKOB.

12. Пичугин, А.П. Влияние видов растительных масел и отходов на светопроницаемость древесины / А.П. Пичугин, **С.Е. Ткаченко** // Труды новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – Новосибирск. – 2022. – Т. 25. – № 3/4 (85/86) – С. 75-87. – EDN: YVVDSD. – DOI: 10.32683/1815-5987-2022-25-85/86-3/4-75-87.

13. Пичугин, А.П. Новые принципиальные подходы к решению эффективного использования растительного сырья и отходов производства / А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков, О.Е. Смирнова, **С.Е. Ткаченко** // Труды III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России». – Новокузнецк. – 2022. – С. 123-128. – EDN: QEFLIS.

14. **Ткаченко, С.Е.** Изучение свойств химически обработанной древесины / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков // «Качество. Технологии Инновации»: Материалы V Международной научно-практической конференции. – Новосибирск. – 2022. – С. 50-54. – EDN: DYMEOU.

15. **Ткаченко, С.Е.** Изучение свойств эпоксидированных растительных масел / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // «Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее»: Сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума. – Симферополь. – 2022. – С. 51-55. – EDN: CYSTER.

16. **Ткаченко, С.Е.** Изучение светопропускания строительных композитов для решения архитектурно-технологических задач / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // «Актуальные вопросы архитектуры и строительства»: Материалы XIV Международной научно-технической конференции. – Новосибирск. – 2021. – С. 148-154. – EDN: BJYSZY. – DOI: 10.32683/978-5-7795-0932-9-2021-148-153.

17. **Ткаченко, С.Е.** Установка и метод определения светопропускания строительных композитов для архитектурного и декоративного оформления / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // «Актуальные проблемы науки и техники. 2021»: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону. – 2021. – С. 888-889. – EDN: TBFLZW.

18. **Ткаченко, С.Е.** Светопропускаемость древесного заполнителя для легкого бетона / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин, А.Э.М.М. Эльрефаи // «Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования»: Материалы XIII Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры

Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ. – Новосибирск. – 2021. – С. 380-382. – EDN: ANCHQK.

19. Пичугин, А.П. К вопросу определения диффузионных характеристик защитных композиций повышенной непроницаемости / А.П. Пичугин, А.В. Пчельников, В.Ф. Хританков, О.Е. Смирнова, **С.Е. Ткаченко** // «Качество. Технологии. Инновации»: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Новосибирск. – 2021. – С. 73-76. – EDN: UPCEXR.

20. **Ткаченко, С.Е.** Изучение оптической характеристики строительных композитов для архитектурно-технических задач / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // «Актуальные вопросы строительного материаловедения»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Улан-Удэ. – 2021. – С. 60-65. – EDN: INNKBZ.

21. **Ткаченко, С.Е.** Цементные бетоны архитектурно-декоративного назначения / С.Е. Ткаченко, А.П. Пичугин // Эффективные материалы и технологии для транспортного и сельскохозяйственного строительства. – 2020. – С. 265–268. – EDN: REPPRZ.

ТКАЧЕНКО СЕРГЕЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ

ДРЕВЕСНЫЙ СВЕТОПРОПУСКАЕМЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ И ДЕКОРАТИВНЫЙ БЕТОН НА ЕГО ОСНОВЕ

Автореферат

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет (Сибстрин)

630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113

Подписано в печать 13.10.2025

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,28 Тираж 100 экз. Заказ № ____