VII НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

29-30 апреля 2024 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»**

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Сборник докладов VII Национальной научно–практической конференции
29–30 апреля 2024 г.

Секция 5 – Технические науки

Пенза 2024

УДК 338
ББК 65.2/4
А43

Оргкомитет:

Сафьянов А.Н. – проректор по научной работе, к.э.н., доцент (председатель);
Белякова Е.А. – и.о. начальника Научно–методического центра, к.т.н., доцент (зам. председателя);
Артюшин Д.В. – директор инженерно–строительного института, к.т.н., доцент;
Ещина Е.В.– декан архитектурного факультета, к. архитектуры, доцент;
Тарасов Р.В. – декан технологического факультета, к.т.н., доцент;
Тараканов О.В. – декан факультета управления территориями, д.т.н., профессор;
Королева Л.А. – директора института экономики и менеджмента, д.и.н., профессор;
Кочергин А.С. – директор института инженерной экологии, к.т.н., доцент;
Родионов Ю.В. – директор автомобильно–дорожного института, д.т.н., профессор.

А43 Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: сб. докладов VII Национальной научно–практической конференции. Секция 5 – Технические науки. Пенза/ [ред. кол.: А.Н. Сафьянов и др.]: ПГУАС, 2024. – 133 с.
ISBN 978–5–9282–1754–9

Статьи печатаются в авторской редакции.

В сборнике помещены материалы VII Национальной научно–практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства», которая проходила 29–30 апреля 2024 года в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

Доклады, представленные в рамках секции «Технические науки», посвящены вопросам создания современных материалов и строительных конструкций; информационным технологиям; организации и технологии производства строительно-монтажных работ; транспортным и инженерным системам.

Рекомендуется научным работникам, преподавателям высших и средних учебных заведений, аспирантам, магистрантам и студентам.

ISBN 978–5–9282–1754–9

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интеграция науки и практики, внедрение инновационных разработок во всех сферах деятельности, использование более совершенных и эффективных средств производства, модернизация и реконструкция оборудования, применение современных методов подготовки кадров, создание и использование новых технологий – все это увеличивает конкурентоспособность отдельных отраслей народного хозяйства и страны в целом.

Представляемый читателям сборник издается по итогам работы VII Национальной научно–практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства» (Пенза, 29–30 апреля 2024 г.).

В работе конференции приняли участие ведущие ученые, аспиранты и студенты различных вузов России. Было представлено около 80 актуальных работ.

Проведение данной конференции явилось результатом значительного интереса академического сообщества к обсуждению и внедрению разработок, решающих поставленные задачи и ведущие к увеличению инвестиционной привлекательности различных отраслей народного хозяйства, ускоряющих модернизацию и совершенствование техник и технологий при достижении национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации.

Составители материалов конференции условно разделили статьи на секции по общности затрагиваемых в них проблем.

Порядок представления статей – по тематическим платформам, рассмотренным на конференции (сборникам), а внутри них – по фамилиям авторов.

Выход в свет настоящего издания был бы невозможен без труда многих людей разных сфер деятельности. Оргкомитет присоединяется к благодарности заинтересованных читателей всем тем, кто своим трудом способствовал выходу в свет этого сборника.

Оргкомитет VII Национальной научно–практической конференции
«Актуальные проблемы науки и практики
в различных отраслях народного хозяйства»

УДК 697.934:66.081

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА

***Аверкин Александр Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

***Аверкин Юрий Александрович**, юрисконсульт*

ООО «Банкротство граждан», Пенза

Приведены сведения о разработке эффективных технических устройств на основе применения силикагеля марки КСМ для осушения воздуха, в частности, кондиционера без применения холодильной машины, сушилки для рук и волос. Показано, что применение твердого сорбента для утилизации теплоты удаляемого воздуха позволяет повысить эффективность процесса за счет полного отбора скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в воздухе

Ключевые слова: кондиционер, осушение воздуха, силикагель, шарнирная рама, сушилка, утилизация теплоты, адсорбер-воздухоохладитель, промежуточный теплоноситель

На кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского ГУАС проводятся научно-исследовательские работы по разработке эффективных устройств, процессов тепловлажностной обработки воздуха и методов их расчета.

В этой связи разработаны и запатентованы следующие устройства.

1) *кондиционер круглогодичного действия без применения холодильной машины* (рис. 1).

Предлагается конструкция кондиционера круглогодичного действия и способ его монтажа. Тепловлажностная обработка воздуха в кондиционере основана на применении твердого сорбента – силикагеля и холодоносителя – охлажденной воды [1, 2].

Силикагель выполняет функцию осушителя воздуха в теплый период года и является увлажнителем воздуха в холодный период года. Зерна силикагеля марки КСМ находятся в полости барабана с приводом 8, 9, обеспечивающим его вращение ~ до 10 об/мин. Охлажденную воду получают на автономной холодильной станции путем применения многоступенчатого косвенно-испарительного охлаждения воздуха водой [2].

Узлы приточной и вытяжной системы кондиционера смонтированы на шарнирной раме 11, имеющей ось вращения 12, совпадающую с ее вертикальной или горизонтальной осью симметрии.

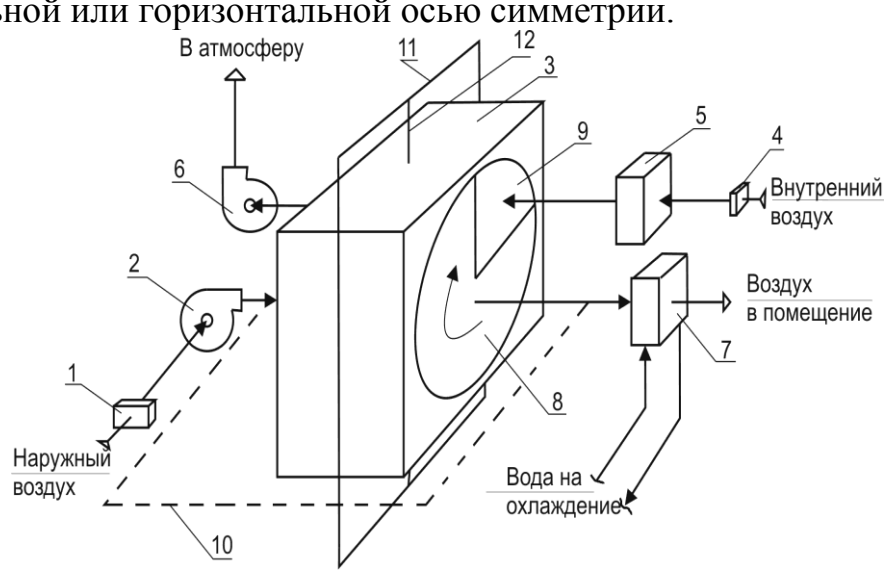


Рисунок 1. Схема кондиционера: 1, 4 – воздушные фильтры; 2, 6 – вентиляторы; 3 – корпус с вращающимся барабаном для силикагеля; 5 – воздухонагреватель; 7 – воздухоохладитель; 8 – сектор адсорбции; 9 – сектор регенерации адсорбента; 10 – байпас; 11 – рама; 12 – вертикальная ось рамы (шарнир)

Монтаж кондиционера осуществляется в оконном проеме или в отверстии стены. При переходе с теплого периода на холодный период года и обратно, кондиционер, смонтированный на шарнирной раме 11, поворачивают на 180^0 в горизонтальной (или вертикальной) плоскости.

Достоинства кондиционера:

• экологичность (отсутствие компрессионной холодильной машины с экологически опасными фреоновыми хладагентами);

• уменьшение расхода электрической энергии;

• снижение стоимости.

2) *сушилка для рук и волос*, в которой отсутствует традиционный электронагревательный элемент (рис. 2).

Сушилка может быть использована в помещениях общественного пользования: в ресторанах, барах, учебных заведениях, больницах, гостиницах, на скоростных поездах и т.д. [3]. Она монтируется на внутренних стенах помещений (в туалетных, ванных комнатах, в парикмахерских и др.)

Сушилка для рук и волос содержит корпус 1 в виде вертикального цилиндра с верхней и нижней неподвижными крышками 2, 3 с перфорацией в виде сквозных отверстий диаметром 2 – 3 мм. Снаружи крышек в желобных каналах установлены заслонки 4, 5 с перфорацией, которые симметричны (асимметричны) перфорации крышек. Заслонки соединены друг с другом П - образным рычагом 12. Внутри корпуса вертикально установлены сверху вниз элементы трубы Вентури: конфузор 8, горловина

9 с перфорированной боковой поверхностью, другой элемент – диффузор 10 расположен снаружи корпуса. На входе в конфузор установлен канальный вентилятор 11. На нижней крышке вокруг горловины расположен неподвижный слой зернистого адсорбента 7. Пуск вентилятора при открытых сквозных отверстиях в нижней крышке и закрытых в верхней крышке обеспечивает подачу воздуха через неподвижный слой адсорбента, его осушение и небольшой нагрев. На выходе из трубы Вентури теплая абсолютно сухая воздушная струя производит интенсивную сушку рук или волос. Десорбция водяных паров для регенерации адсорбента осуществляется понижением давления в его слое за счет эффекта эжекции парогазов перфорированной поверхностью горловины 9 при закрытии и открытии отверстий, соответственно, в нижней и верхней крышке с помощью синхронного поворота заслонок 4, 5 П - образным рычагом 12.

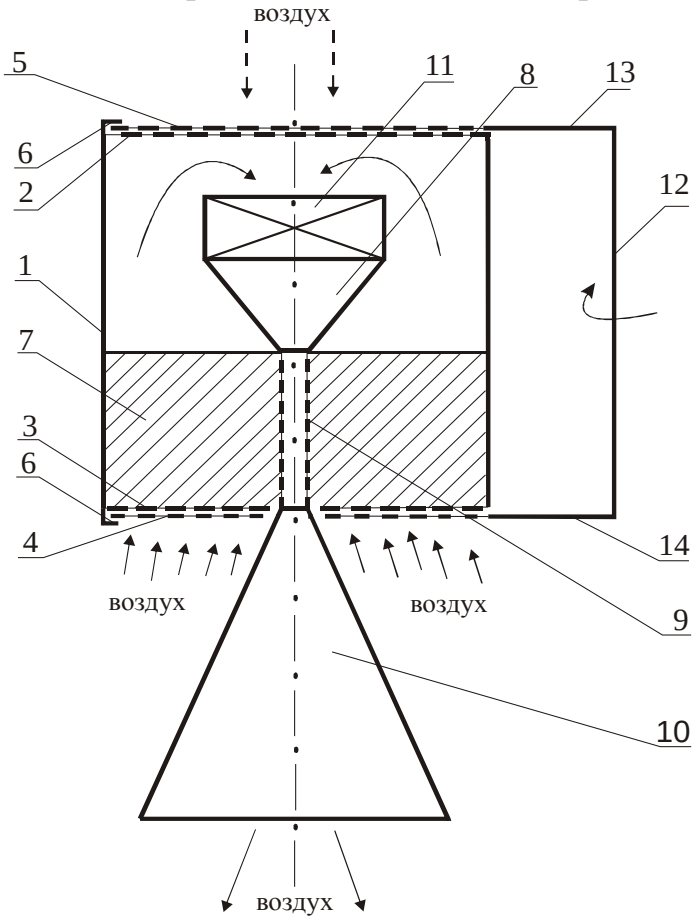


Рисунок 2. Сушилка для рук и волос: 1 – корпус; 2, 3 – верхняя и нижняя торцевые крышки; 4, 5 – перфорированные заслонки; 6 – желобные каналы; 7 – слой зернистого адсорбента; 8 – конфузор; 9 – перфорированная горловина; 10 – диффузор; 11 – вентилятор; 12 – рычаг; 13, 14 – направляющие

Достоинства разработанной сушилки:

• снижение расхода электроэнергии (исключен электрический нагреватель);

• отсутствие возможности теплового перегрева элементов, что повышает срок эксплуатации;

• снижение электробезопасности;

• снижение стоимости.

3) *способ утилизации теплоты удаляемого воздуха*, позволяющий примерно в 2 раза повысить количество отбираемой теплоты от воздушного потока по сравнению с традиционными методами, за счет полного отбора скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в нем (рис. 3) [4].

Повышение эффективности отбора теплоты достигается тем, что удаляемый воздушный поток в системах вентиляции и кондиционирования воздуха пропускают через теплообменник - рекуператор с промежуточным теплоносителем, циркулирующим с помощью насоса в замкнутой жидкостной линии последовательно через указанный теплообменник-рекуператор (воздухоохладитель) и теплообменник-воздухонагреватель, при этом воздушный поток в теплообменнике-рекуператоре проходит через слой зернистого адсорбента для осушения удаляемого воздуха и выделения теплоты адсорбции.

Достоинства разработанного способа утилизации теплоты:

• эффективность отбора низкопотенциальной теплоты удаляемого воздуха;

• универсальность (возможность применения для различных зданий: гражданских, промышленных).

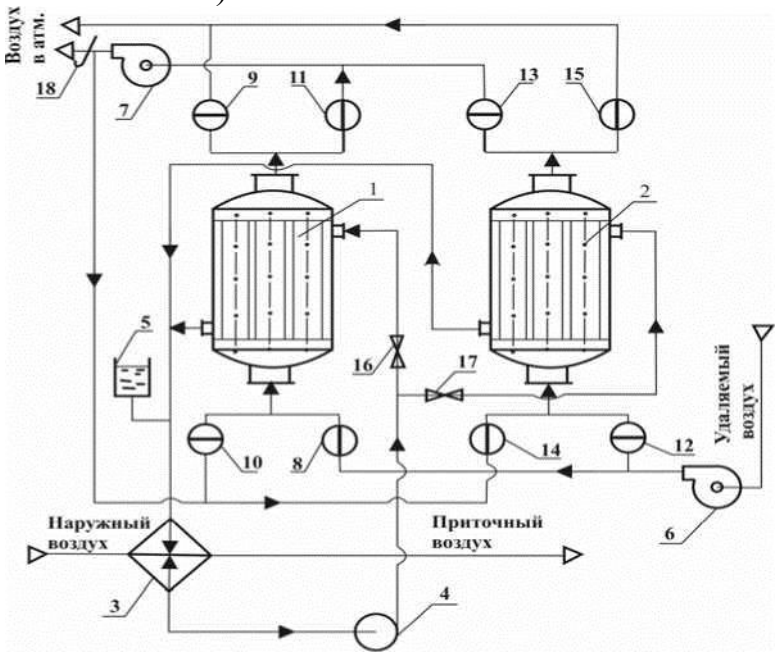


Рисунок 3. Схема утилизации теплоты удаляемого воздуха: 1, 2 – адсорберы-воздухоохладители; 3 – воздухонагреватель; 4 – насос для промежуточного теплоносителя; 5 – расширительный бак; 6,7 – вентиляторы; 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 – клапаны-отсекатели; 16, 17 – вентили; 18 – шиберная задвижка

Для расчета описанных выше осушителей воздуха с неподвижным

слоем силикагеля, авторами разработана методология с применением модифицированной *I-d*-диаграммы влажного воздуха, на полях которой нанесены дополнительные изолинии чужеродного вещества – равновесные влагосодержания силикагеля марки КСМ [5]. Это позволяет определять число единиц переноса для конкретных условий осушения воздуха методом графического интегрирования и, соответственно, рассчитать высоту слоя зернистого сорбента, т.е. выполнить необходимый конструктивный расчет разработанных технических устройств.

Для внедрения разработанных технических устройств нужны инвесторы из среды малого и среднего бизнеса, методическая база создана.

Список литературы

1. *Устройство для тепловлажностной обработки воздуха и способ его монтажа. Патент РФ 2292518 / Аверкин А.Г.; заявитель и патентообладатель Аверкин А.Г., опубл. 27.01.07, Бюл. № 3.*
2. *Способ охлаждения воздушного потока. Патент РФ 2243451 / Аверкин А.Г.; заявитель и патентообладатель Пензенская ГАСА, опубл. 27.12.04, Бюл. № 36.*
3. *Сушилка для рук и волос. Патент РФ 2433777 / Аверкин А.Г., Аверкин Ю.А.; заявитель и патентообладатель Аверкин А.Г., опубл. 20.11.11, Бюл. № 32.*
4. *Способ утилизации теплоты газового (воздушного) потока. Патент РФ 2300056 / Аверкин А.Г.; заявитель и патентообладатель Пензенский ГУАС, опубл. 27.05.07, Бюл. № 16.*
5. *Аверкин А.Г. I-d-диаграмма влажного воздуха и ее применение при проектировании технических устройств. – СПб.: Лань, 2022. – 192 с.*

УДК 624.151

ФУНДАМЕНТЫ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОДГОТОВКОЙ НА СИЛЬНОДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ

***Глухов Вячеслав Сергеевич**, доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой геотехники и дорожного строительства*
***Хрянина Ольга Викторовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры геотехники и дорожного строительства*
***Есимкин Максим Анатольевич**, магистрант*
***Волков Кирилл Олегович**, бакалавр*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Проведены исследования фундаментов на естественном основании, на песчаной подушке и промежуточной подготовке с целью выявления факторов, влияющих на критическое давление под фундаментами. Предлагаемое решение фундамента на промежуточной подготовке переменной жесткости позволяет существенно увеличить несущую способность фундаментов на сильнодеформируемых грунтах.

Ключевые слова: фундаментная плита, промежуточная подготовка, слабые грунты, расчетное сопротивление грунта, технико-экономическое сравнение, несущая способность

При строительстве на площадках с грунтовым основанием, состоящем из водонасыщенных слабых глинистых грунтов с модулем деформации $E \leq 5 \div 7$ МПа и углом внутреннего трения меньше 12^0, часто расчетное сопротивление весьма незначительно. С целью решения проблемы проектировщики предлагают искусственно улучшать основание или прорезать слабые слои сваями с опиранием концов свай на более прочные грунты. Применение свайного варианта зачастую ведет к удорожанию фундаментов.

Одним из перспективных решений может быть метод, основанный на повышении расчетного сопротивления грунта под подошвой фундамента. Одним из эффективных решений является устройство промежуточной подготовки под подошвой фундамента [1-4].

С этой целью под подошвой фундамента устраивается бетонная подготовка толщиной порядка $h_п = 200 \div 250$ мм. При этом ширина консоли $b_к$ должна составлять не менее 1,5 $h_п$. Указанная консоль обеспечивает формирование пригруза, препятствующего выпиранию грунта из-под боковых граней подготовки, существенно повышая расчетное сопротивление грунтового основания. Данное соотношение рекомендуется и профессором Е. А. Сорочаном [5]. Дальнейшее действие состоит в засыпке пространства под консолями подушки с таким расчетом, чтобы материал заполнения пространства под консолями выходил за грань вышерасположенной подушки как минимум на 0,5 м.

Расчетное сопротивление грунтового основания R зависит от ряда факторов, наиболее важными из которых являются: прочностные характеристики грунта φ - угол внутреннего трения грунта и с - удельное сцепление; глубина заложения подошвы d. Расчетное сопротивление ограничивает величину нагрузки, передаваемой на фундамент условием, что давление под подошвой не должно превышать указанного сопротивления P≤R. Давление под подошвой, равное или меньше расчетного сопротивления R, совершенно безопасно с позиции работы грунта. Структура формулы R такова, что при давлении под подошвой P = R деформация основания складывается как из процесса уплотнения, так и выпирания грунта из-под фундамента. Последнее зависит от бокового пригруза грунта. В данном случае при наличии промежуточной подготовки от давления под консолями фундамента, которое выполняет роль бокового пригруза.

Указанное давление под консолями не должно превышать расчетного сопротивления грунта под консолями $R_к$. Так, при $R_к$ =200 кПа давление идентично нагрузке от собственного веса грунта, т.е $P = \gamma_{II}^{`} \cdot d_I$ = 200 кПа. Таким образом, величина расчетного сопротивления грунта под подошвой промежуточной подготовки R возрастает в 2÷3 раза по сравнению с фундаментами естественного заложения.

При передаче на фундамент значительных нагрузок, когда давление под промежуточной подготовкой P>>R (порядка 1200 – 1500 кПа), возникает следующая проблема. Осадку следует определять с учетом нелинейности. Осадка фундамента становится больше предельно допустимой. Именно для этого необходима щебеночная подушка. Щебень, обладая высоким модулем деформации (около 40 МПа), снижает расчетную осадку в наиболее деформируемой зоне грунта. В подушке из щебня перераспределяются наибольшие вертикальные напряжения и реализуются деформации. Ширина подушки подбирается таким образом, чтобы не происходило бокового выпора грунта, а толщина подбирается из условий проверки подстилающего слоя.

С целью изучения фундаментов с промежуточной подготовкой и применения их в строительстве исследовалась работа фундаментов под нагрузкой на слабых водонасыщенных грунтах. В процессе исследований получены следующие результаты:

- при наличии подготовки происходит значительная трансформация давлений под подошвой фундамента. Имеет место увеличение напряжений в центре фундамента под подготовкой ограниченных размеров с одновременным учетом давлений под консолями. Указанное позволяет варьировать величиной общей осадки фундамента;
- выявлен оптимальный диапазон изменения отношения вылета консоли $l_к$ к толщине подготовки $h_п$. Оптимальным следует считать

соотношение $l_к$ / $h_п$ =1,2÷1,5. При других соотношениях снижается эффективность работы;

- выявлено, что при устройстве подушки из щебня под подошвой фундамента, значительная реализация напряжений происходит в контуре подушки, что уменьшает деформации слабых слоев грунта;
- установлено, что предпочтительно устраивать фундаменты с промежуточной подготовкой круглыми, а еще эффективнее кольцевыми, из-за более быстрого уменьшения напряжений под ними по сравнению с другими типами;
- выявлено, что осадка кольцевых фундаментов на 15÷25% меньше, чем у фундаментов со сплошной подошвой той же общей площадью;
- расчетные деформации грунта под промежуточной подготовкой и консольными частями фундамента следует определять с учетом взаимовлияния.

Технико-экономическое сравнение дает следующие результаты. Для рассмотрения приняты три типа фундаментов: фундамент на естественном основании; фундамент на песчаной подушке; фундамент с промежуточной подготовкой (рис. 1).

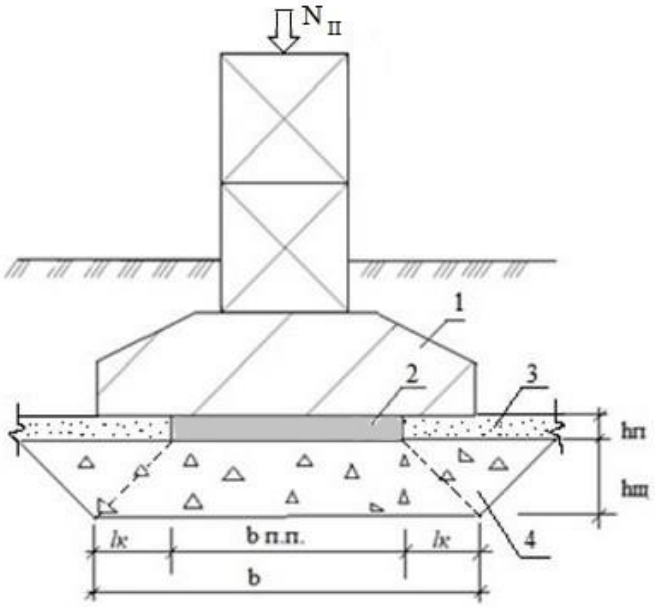


Рисунок 1. Расчетная схема фундамента с промежуточной подготовкой: 1 – фундаментная плита; 2 – промежуточная подготовка; 3 – подсыпка из песка; 4 – подушка из щебня

Если сравнивать фундаменты с одинаковой площадью подошвы, то допускаемая нагрузка на фундамент с промежуточной подготовкой из условия:

$$P = \frac{N_{II} + Q_{ф.гр}}{A} \leq R \qquad (1)$$

будет в 2,0÷2,2 раза выше, чем фундамента без указанной подготовки.

Рассмотрим различные факторы, влияющие на работу фундамента. В частности, авторы пришли к выводу, что форма промежуточной подготовки оказывает влияние на осадку фундамента. С этой целью был проведен эксперимент, в котором блок под монолитным фундаментом был заменен на монолитный круг такого диаметра, чтобы их площади были эквиваленты. В результате опыта выяснилось, что расчетная осадка с таким видом промежуточной подготовки меньше. Аналогично можно предположить, что подготовка в виде кольца является более перспективной по сравнению с прямоугольной или круглой, так как внутри кольца возникнет объемное напряженное состояние грунта и имеет место эффект более быстрого затухания вертикальных давлений в грунтовой толще. Высота подушки и ширина промежуточной подготовки корректируются путем решения уравнений совместных деформаций. Предлагаемое решение фундамента на промежуточной подготовке переменной жесткости позволяет существенно увеличить несущую способность фундаментов на сильнодеформируемых грунтах и ведет к развитию перспективного направления в проектировании.

Предполагается произвести дополнительные исследования для выявления факторов, влияющих на критическое давление под фундаментами. Выше оговаривалось, что существует оптимальное отношение длины консоли к толщине подготовки. Но вполне возможно, что чем больше вылет консоли, тем больше объем грунта вовлекается в работу, накрывая зоны предельного равновесия за пределами условия P>R.

Представляет значительный интерес исследование деформаций при нелинейной постановке задачи.

Список литературы

1. *Крутов В.И., Сорочан Е.А., Ковалев В.А. Фундаменты мелкого заложения: рациональные конструкции и технологии устройства / Москва: АСВ, 2009. 232 с.*
2. *Глухов, В.С. Оптимизация песчаной подушки / В.С. Глухов, О.В. Хрянина, С.В. Глухова, А.П. Пугина // Строительство и архитектура. – 2019. – Т.7, №4. – С.32-35.*
3. *Глухов, В.С., Хрянина О.В., Глухова С.В., Янгуразов Ю.Р. Перспективы применения нелинейной механики грунтов при проектировании комбинированных оснований // Моделирование и механика конструкций. 2019. №10. С.179-184.*
4. *Кукина О.Б., Волокитин В.П., Волков В.В., Ким М.С., Чунихина А.С. Методология и эксперименты по проектированию грунтовых подушек на основе слабых грунтов // Строительная механика и конструкции. – 2022. – № 4 (35). – С.82-91. DOI:10.36622/VSNU.2022.35.4.009.*
5. *Сорочан Е.А., Быцутенко О.В., Лиховцев В.М. Фундаменты на промежуточной подготовке переменной жесткости. Основания, фундаменты и механика грунтов. 1991. № 1. С. 7-8.*

УДК 691.335:666.972.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГЕОПОЛИМЕРНОГО ФИБРОБЕТОНА

***Ерошкина Надежда Александровна**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Харнаев Андрей Вячеславович**, аспирант кафедры ТСМиД*
***Коровкин Марк Олимпиевич**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Саденко Сергей Михайлович**, профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры ТСМиД*
***Зорин Алексей Игоревич**, студент технологического факультета*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Приведены результаты исследований влияния дозировки стальной фибры на некоторые деформационно-прочностные свойства мелкозернистого геополимерного бетона – прочность на изгиб и сжатие, усадку. Для исследований было использовано геополимерное вяжущее на основе измельченного отсева дробления гранитного щебня с добавкой шлака, твердение которого активировалось низкомодульным жидким стеклом. Установлено, что повышение дозировки фибры можно рассматривать в качестве фактора, позволяющего эффективно управлять свойствами исследованного геополимерного бетона. Показано, что при дозировке стальной фибры около 2 % от объема бетона прочность на изгиб повышается в 2,8-3,2 раза, прочность на сжатие – в 1,3-1,4 раза; при этом усадочные деформации снижаются на 38 %.

Ключевые слова: геополимерный фибробетон, измельченный отсев дробления гранита, доменный шлак, жидкое стекло, стальная фибра, прочность, усадка.

Производство и применение геополимерных вяжущих и бетонов на их основе – наиболее перспективная развивающаяся технология, способная в ближайшем будущем конкурировать с технологией портландцемента и цементного бетона [1]. Важнейшими преимуществами геополимеров является возможность использования в их производстве некоторых многотоннажных отходов промышленности – золы-уноса, доменных гранулированных шлаков и др. [2]. Эти вторичные сырьевые ресурсы алюмосиликатного состава в процессе образования прошли высокотемпературную обработку. В связи с этим для получения геополимерных вяжущих не требуется обжиг сырья, их производство основано на измельчении сырьевых материалов, твердение которых активируется щелочами или кислотами [3].

Многочисленные исследования геополимерных бетонов показали, что их свойства могут отличаться от свойств бетонов, полученных с применением портландцемента. Так вяжущие на основе измельченных отсевов дробления гранита с добавкой шлака, твердение которых

активируется низкомодульным жидким стеклом, характеризуются высокими значениями аутогенной усадки [4] и ползучести [5]. Причина более высокой деформативности таких бетонов заключается в полимерной структуре геополимерного камня.

Один из перспективных способов улучшения некоторых свойств геополимерного бетона – применение стальной фибры, которая способна не только повысить прочность и трещиностойкость материала, но и снизить его усадку и ползучесть.

Для исследования зависимости прочности и усадки мелкозернистого бетона от дозировки фибры был использован состав мелкозернистого бетона приготовленный на двухкомпонентном вяжущем на основе измельченного до удельной поверхности 350 м^2/кг отсева дробления гранитного щебня и доменного гранулированного шлака с удельной поверхностью 380 м^2/кг. Для активации вяжущего использовалось жидкое стекло с силикатным модулем 1,6. Для дисперсного армирования использовалась стальная волновая фибра диаметром 0,3 мм и длиной 15 мм. Количество фибры в эксперименте составляло 0,65; 1,3 и 1,95 % от объема смеси.

Составы исследованных бетонов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы бетона

Компонент смеси	Расход кг/м^3			
	№1	№2	№3	№4
Гранитная мука	478	475	472	469
Шлак	335	332	330	328
Песок	957	950	944	938
Жидкое стекло	225	223	222	220
Вода	159	158	157	156
Фибра	0	50	99	149

Из приведенных в таблице 1 составов формовались образцы размером 40×40×160 мм, которые твердели при тепловлажностной обработке (ТВО) и в нормальных условиях.

Графики влияния дозировки фибры на прочность в возрасте 3, 7 и 28 суток нормального твердения приведены на рис. 1, а итоговые результаты определения прочности на изгиб и сжатие бетона, твердевшего при ТВО и в нормальных условиях, а также усадки через 4 месяца представлены в таблице 2.

Анализ графиков на рисунке 1 показывает, что при увеличении содержания фибры прочность на сжатие в большей степени возрастает в более поздние сроки, что можно объяснить повышением адгезии геополимерной матрицы к поверхности фибры и большим включением ее в работу композита.

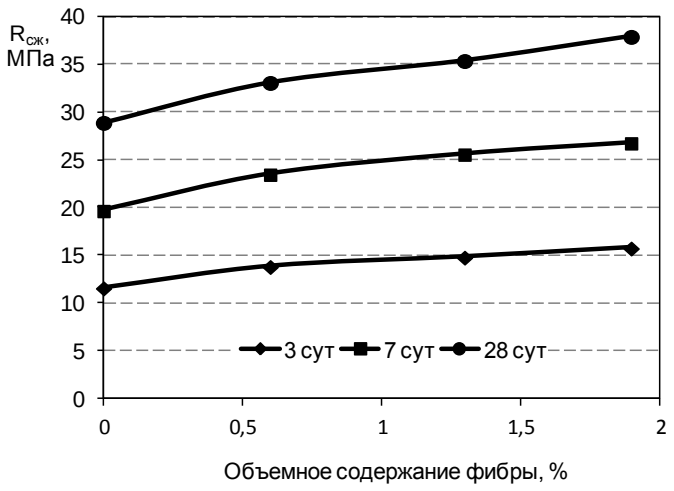


Рисунок 1. Влияния дозировки фибры на прочность в различные сроки нормального твердения

Таблица 2

Прочность и усадка бетона

Свойство	Значение			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Прочность после ТВО				
- на изгиб, МПа	3,4	6,3	9,0	10,8
- на сжатие, МПа	33,0	41,2	44,8	46,8
Прочность после твердения в нормальных условиях				
- на изгиб, МПа	2,9	5,5	7,4	8,3
- на сжатие, МПа	28,9	33,1	35,4	37,9
Усадка, мм/м	1,62	1,34	1,12	1,01

Данные по прочности в таблице 2 свидетельствуют о том, что при ТВО геополимерный бетон набирает более высокую прочность, чем при твердении в нормальных условиях, что отличает этот вид бетона от цементного бетона, для которого характерна обратное соотношение прочностей.

Как видно из данных по прочности бетона с различным содержанием фибры эта характеристика композитного материала значительно повышается как при его работе на изгиб, так и на сжатие. При этом прочность на изгиб при увеличении дозировки фибры возрастает намного больше, чем прочность на сжатие. Обращает на себя внимание то, что даже при минимальном содержании фибры (0,65 %) она почти в 2 раза повышает прочность на изгиб.

Высокую эффективность проявляет стальная фибра при ее использовании в качестве компонента геополимерного бетона, снижающего усадку. При максимальном содержании фибры усадка снижается на 38 %.

Введение в состав геополимерного бетона стальной фибры позволяет улучшить некоторые его деформационно-прочностные характеристики. При дозировке около 2 % от объема бетона прочность на изгиб повышается в 2,8-3,2 раза, прочность на сжатие – в 1,3-1,4 раза; при этом усадочные деформации снижаются на 38 %. Проведенные исследования показали высокую эффективность стальной фибры в качестве материала для управления свойствами бетона, изготовленного с применением геополимерного вяжущего на основе измельченного отсева дробления гранитного щебня с добавкой шлака.

Список литературы

1. *Ерошкина, Н. А. Перспективы развития и применения в строительстве геополимерных бетонов / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин, А. А. Уразова // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016. – № 6-2. – С. 210-215.*
2. *Ерошкина, Н. А. Малоэнергоемкие ресурсосберегающие технологии производства вяжущих для конструкционных бетонов / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин, С. В. Аксенов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 45.*
3. *Davidovits, J. Geopolymer Chemistry and Applications. - Saint-Quentin: Geopolymer Institute. 2020.– 680 p.*
4. *Ерошкина, Н. А. Усадка геополимерного вяжущего на различных этапах его структурообразования / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 2(41). – С. 87.*
5. *Ерошкина, Н. А. Исследование деформационно-прочностных свойств бетона на основе минерально-щелочного вяжущего / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2-2. – С. 314.*

УДК 69.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Каргин Алексей Александрович, *ст. преподаватель кафедры «Экономика, организация и управление производством»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В настоящее время отсутствует методика управления и моделирования жизненных циклов объекта с учетом образования различных видов потерь на этапах и при переходе с одного этапа жизненного цикла к другому. Объектом анализа являются организационно-технологические процессы возведения объекта капитального строительства. Рассмотрен алгоритм формирования и реализации моделей управления с применением информационных моделей в условиях риска с учетом различных видов потерь на организационно-технологические процессах возведения объекта. В исследовании рассмотрены несколько рациональных варианта создания объекта капитального строительства, в каждом из которых подвержена изменению только определенная часть параметров. Для оценки эффективности принятых организационно-технологических решений используется интегральный показатель по всем заданным группам параметрам.

Ключевые слова: информационная модель, риски, организационно-технологическое моделирование, потери первого и второго рода, жизненный цикл, гибкие организационные структуры.

В настоящее время развитие предприятий в инвестиционно-строительном секторе происходит в условиях значительных рисков и неопределенности, связанных с деятельностью всей строительной отрасли. В свете экономической нестабильности требуется создание актуальных стратегий развития компаний, ориентированных на применение передовых технологий, включая информационное моделирование на всех этапах процесса возведения объектов. Процесс формирования информационных моделей, их внедрение и использование представляют собой эффективные инструменты управления в строительной сфере, охватывая всю систему видов деятельности, включая проектирование, строительство и эксплуатацию разнообразных зданий и сооружений на различных этапах их жизненного цикла.

Одной из ключевых задач в организации и управлении процессом строительства является разработка методологий, направленных на снижение различных видов потерь в ходе строительных работ. Это приоритетная задача системы управления, особенно актуальная для уникальных и сложных инфраструктурных проектов, осуществляемых на

территории Российской Федерации в рамках национальных программ. Неэффективное использование устаревших методик, недостаточное управление инвестиционными проектами с учетом специфики строительной деятельности, а также отсутствие применения информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов являются основными причинами временных и финансовых потерь в процессе реализации проектов. Эти факторы свидетельствуют о необходимости и актуальности разработки современных организационно-технологических моделей функционирования и развития производственных процессов и комплексной разработке механизмов управления с учетом образования различного вида потерь на всех уровнях развития производственных процессов.

Объектом анализа является организационно-технологическая схема процессов объекта капитального строительства. Рассмотрен алгоритм для реализации моделей управления с применением информационных моделей в условиях риска с учетом потерь различного уровня.

В устоявшемся комплексе теоретической и практической системы методологии управления строительством большая часть как отечественных, а также иностранных ученых придерживается самой распространенной классификации факторов окружающей среды, при которой фундаментальным основанием является их разделение на внешние и внутренние. Внешние факторы проявляют себя в таких сложных организационно-технологических и экономических ситуациях и условиях на производственных процессах, когда они функционируют во внешней среде и оказывают свое влияние независимо от деятельности конкретного хозяйствующего субъекта и других аналогичных, находящиеся за его пределами. В этих условиях указанные факторы не поддаются какому-либо воздействию и изменению, в связи с чем их влияние необходимо воспринимать как нечто неизменное и, чаще всего, постоянное. Именно влияние только внешних переменных условий формирует образование рискообразующих факторов и непосредственно сами причины рисков, связанные с неопределенностью, сложностью и динамизмом внешней среды. Такая интерференция неизменно приводит к негативному развитию событий, в результате появляется существенное отрицательное отклонение от поставленной цели, плана реализации инвестиционного проекта или общего плана развития деятельности строительных предприятий [1; 2; 3; 4].

Раннее проведенные исследования [5, 6] показывают, что все возникающие потери на производственных процессах возведения объектов недвижимости условно делятся на первого и второго рода. К потерям первого рода относятся прямые потери от воздействия внешних и внутренних факторов на каждом из этапов жизненного цикла. К потерям второго рода относят потери, образующиеся на стыках между этапами жизненного цикла. Это связано с тем, что границы между этапами

жизненного цикла являются строго жесткими, негибкими, т.к. на каждом из периодов взаимодействует множество различных субъектов хозяйственной деятельности, как с одновекторными, так и с противоположными курсами развития, в итоге получаем динамичную систему, но, которая не выходит за узкие рамки конкретного этапа и не определяет эффективность развития общей стратегии всего комплекса в целом [5, 6]. На потери второго рода, по сравнению с другими видами, возможно оказывать целенаправленное воздействие при определенных условиях их функционирования с помощью эффективных и оптимальных методов организации и управления строительным производством. Неотъемлемой частью моделирования процессов жизненного цикла объекта, является обеспечение объекта своевременной и достоверной информацией.

В ходе проведенного исследования установлено, что в условиях постоянно меняющихся факторов внешней и внутренней среды происходит образование потерь, которые требуют своей оценки при определении основных параметров и эффективности деятельности предприятий на различных этапах жизненного цикла.

При переходе от одной стадии к другой жизненного цикла объекта внутренние факторы преобразовываются во внешние для последующих всех этапов жизненного цикла возведения объекта недвижимости и деятельности предприятий инвестиционно-строительного комплекса. Например, одним из внутренних факторов на этапе проектирования является компетенция персонала, которая определяет качество всей проектной документации. На последующих этапах качество проектной документации определяет во многом применение современных энергоэффективных и экологичных материалов, сокращение транспортных затрат, сроков строительства и иных как прямых и косвенных потерь. Таким образом, внутренний фактор на стадии изготовления проектной документации трансформируется во внешний фактор и существенно оказывает влияние на весь процесс возведения объекта и выполнения всех видов строительно-монтажных и специальных работ на основном этапе его строительства.

На основании организационно технологических методов организации строительства с учетом потереобразующих факторов формируется информационная модель объекта на подготовительных стадиях, до начала производства строительно-монтажных работ и одновременно происходит верификация модели (проверка на соответствие исходным требованиям) с последующей доработкой модели на стадии разработки проектной документации. Описанный выше процесс может выполняться не единожды, в зависимости от поставленных требований к конечному результату. На каждом этапе определяется комплекс контрольных параметров, выполнение которых позволяет перейти на следующий этап. Алгоритм возведения объекта приведен на рисунке 1.

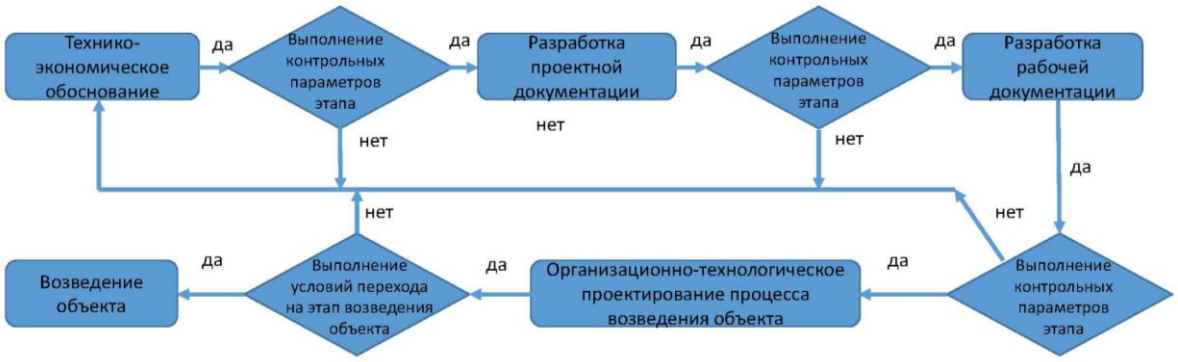


Рисунок 1. Алгоритм возведения объекта с применением информационной модели на этапах жизненного цикла

В процессе моделирования было установлено, что потери имеют два основных вектора развития: в пределах текущего этапа жизненного цикла и на стыках между этапами. Выше указанные потери возникают за счет дисбаланса влияния внешней и внутренний среды, то есть несоответствие внутренней среды внешним условиям. Таким образом, при смене этапов происходит трансформация потерь за счет превращения влияния внутренних переменных факторов в внешние факторы постоянного характера влияния, что определяет образование потерь второго рода.

На стыках между этапами жизненного цикла возведения и реализации объекта влияние потереобразующих факторов проявляется в максимальной степени [5, 6]. Это потери, которые необходимо минимизировать или исключить за счет применения технологических и организационных методов организации работ путем создания необходимых резервов по всем видам ресурсов строительного производства (R1 – материальные, R2 – технические, R3 – трудовые, R4 – управленческие, R5 – финансовые, R6 – информационные).

В исследовании рассмотрены четыре варианта создания объекта капитального строительства, в каждом из которых подвержена изменению только определенная часть параметров.

Первая модель характеризует ситуацию, в пределах которой все пространственные (P), ресурсные (R) и временные (t) группы параметров носят постоянный характер и выступают в качестве ограничений при реализации процесса возведения объекта на всех этапах жизненного цикла. При этом, только стоимостные (S) параметры объекта могут быть доведены за счет организационно-технологического моделирования до оптимальных значений, ориентированных на их минимизацию, что является сложной задачей для последующего ее решения. При втором варианте ситуация характеризуется наличием пространственных (P) и ресурсных (R) постоянных параметров, а временные (t) и стоимостные (S) параметры могут быть оптимизированы и минимизированы на основе применения технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного

цикла, что дает возможность применения гибких форм организации и управления производственными процессами в условиях многовариантного решения задач в строительстве. Третий тип модели включает в себя условиях, при которых только пространственные (P) параметры носят постоянный характер и выступают в качестве ограничений задачи, а остальные все группы параметров носят переменный характер и могут иметь оптимальные значения или стремиться к оптимизации. Четвертая модель предполагает, что все четыре группы параметров имеют возможность оптимизации до рациональных значений в пределах конкретных организационно-технологических ситуаций на производственных процессах на основе использования информационных систем.

Указанные выше мероприятия необходимо учитывать в пределах текущей стадии развития процесса без перехода к последующей его стадии, что позволит сохранить устойчивость и стабильность всей строительной системы в целом при рациональных (оптимальных) всех групп параметров при их минимизации. Выполнение указанных условий исключает влияние внутренних факторов действующего этапа на последующие и тем самым исключает появление потерь второго рода, которые носят скрытый характер и проявляются преимущественно на переходах от одного этапа жизненного цикла к другому. Минимизации количества этапов на основе уменьшения количество стыков между ними, существенно ведет к сокращению потерь второго рода.

На сегодняшний день одной из тенденций развития отечественных строительных предприятий выступает разработка и использование гибких организационных структур и форм материального производства, которые так же сокращают количество жестких стыков между этапами строительства объекта и тем самым сводят к минимуму возникновение всех видов потерь на производственных процессах

Для оценки эффективности принятых организационно-технологических решений используется интегральный показатель по всем заданным параметрам (формула 1).

$$f(\mathrm{P}, \mathrm{R}, \mathrm{t}, \mathrm{S}) = \sum \ (K_P + K_R + K_t + K_S) \rightarrow \mathrm{optimus}, \qquad (1)$$

где K_P, K_R, K_t, K_S – переменные параметры функции, зависящиеся от пространства (R), ресурсов (R), времени (t) и стоимости (S).

Данная функция должна стремиться к оптимальным значениям исходя из всех групп параметров в рамках одного из возможных рациональных вариантов при использовании организационно-технологического моделирования производственных процессов.

Потери различного рода возникают до начала проектирования еще на стадии предпроектной подготовки с минимальным влиянием, а на следующих стадиях они приобретают эффект накопления. Таким образом, несущественное влияние какого-либо фактора в начальной стадии имеет

более свое значительное воздействие на всех последующих стадиях. В современных условиях трансформации отрасли в целом, связанных с внедрением и применением технологии информационного моделирования необходимо развивать и внедрять в практику строительства объектов недвижимости организационно технологическое моделирование с учетом факторного пространства на всех этапах жизненного цикла объекта, определять и анализировать и оценивать причины и прогнозировать все возможные последствия развития процессов по негативным сценариям, которые не в полной мере были рассмотрены на ранних стадиях проектирования.

Применение эффективных механизмов управления при разработке информационной модели помогает сократить риск возникновения негативных сценариев при реализации объекта на этапе строительства. Использование цифровых технологий в управлении объектами недвижимости на всех этапах их жизненного цикла обеспечивает оперативное выполнение и контроль всех процессов.

Список литературы

1. *Риски в инвестиционно-строительной сфере, Монография, Гребенщиков В.С., Грабовый П.Г., Беляков С.И., Тип: монография Язык: русский ISBN: 978-5-7264-1764-6, Год издания: 2017 Место издания: Москва, Издательство: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, УДК: 334, - 160 с.*
2. *Krui, M. Fundamentals of risk management / M. Krui, D. Galai, R. Mark. - Lyubertsy: Yurait, 2017.*
3. *Sauvant K.P. Foreign direct investments from emerging markets the challenges ahead / ed. by K.P. Sauvant, W.A. Maschek G. McAllister, P. Macmillan. – N.Y., 2010. – P. 492.*
4. *Grabovyy, P. Digitalization of the world economy -A factor in the development of society / P. Grabovyy // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITESE 2019, Divnomorskoe Village, 09–14 сентября 2019 года. – Divnomorskoe Village: EDP Sciences, 2019. – P. 04058. – DOI 10.1051/e3sconf/201913504058. – EDN DZHSGC.*
5. *B. Khrustalev, P. Grabovy, K. Grabovy, A. Kargin, Taking into Account the Impact of Various Types of Losses When Using Information Modeling Technology in Construction. Journal of Law and Sustainable Development, 2023, 11(2), e289. https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i2.289.*
6. *Khrustalev B., Features of the use of information modeling technology in the activities of the construction complex enterprises in risk conditions/ B. Khrustalev, P. Grabovy, K. Grabovy, A. Kargin, Nexo Revista Científica, Vol. 35, No. 03, pp. 777-786/Septiembre 2022. DOI: https://doi.org/10.5377/nexo.v35i03.15007.*

УДК 666.972.1:658.567.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕТОНА

***Коровкин Марк Олимпиевич**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Зенкин Владимир Владимирович**, студент технологического факультета*
***Ерошкина Надежда Александровна**, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Шестернин Александр Игоревич**, аспирант кафедры ТСМиД*
***Саденко Сергей Михайлович**, канд. техн. наук, профессор кафедры ТСМиД*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Проведен анализ состава отходов строительной индустрии. Определены перспективные направления использования различных видов этих отходов. Исследовано влияние замещения гранитного щебня рециклинговым заполнителем на основе дробленого бетонного лома на свойства бетона. Установлено, что вторичный заполнитель значительно повышает водопотребность и снижает удобоукладываемость бетонной смеси. Прочность на сжатие бетона на рециклинговом щебне снижается на 14-21 %, при этом прочность на изгиб остается практически неизменной, что позволяет предположить повышение трещиностойкости бетона при использовании переработанного бетонного отхода.

Ключевые слова: отходы строительной индустрии, бетонный лом, отходы сноса, технологические отходы заводов ЖБИ, вторичный щебень, высокофункциональный бетон.

В последние годы отмечается значительный рост количества отходов строительной индустрии, которые сегодня рассматриваются в качестве вторичного сырья для производства строительных материалов. К числу таких отходов относятся, прежде всего, многократно увеличившиеся объемы отходов сноса зданий, что связано с реновацией территорий крупных городов. Они образуются при сносе жилых зданий, построенных в мегаполисах в начальный период массового жилищного строительства конца 1950-х и начале 1960-х годов. Эти отходы состоят, прежде всего, из бетонного лома и кирпичного боя.

В крупных городах, где массовое жилищное строительство началось несколько позже, сносятся преимущественно ветхие здания дореволюционной постройки и барачные жилые дома, построенные в 1930-1940-е годы. Отходы сноса этих зданий состоят в основном из боя кирпича, древесины и шлакоблоков (рис. 1). Особенность кирпичного боя,

образующегося при сносе этих зданий – низкая прочность, что не позволяет получить при его переработке щебень даже самых низких марок.

а б

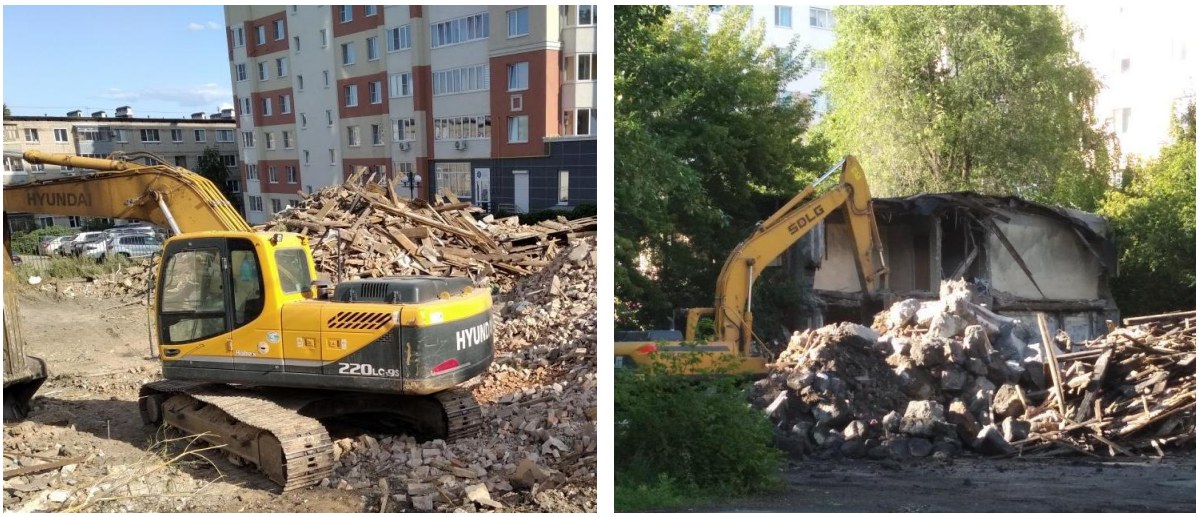


Рисунок 1. Снос в г. Пензе зданий, построенных в конце XIX века (а) и в 1940-х годах (б)

Значительную долю отходов строительной индустрии составляют технологические отходы и брак заводов ЖБИ (рис. 2а). Бетон в этих отходах имеет высокую прочность – 25-40 МПа, что позволяет использовать его для производства вторичного щебня [1]. Намного меньшую прочность имеет бетон в сносимых зданиях и сооружениях после окончания срока их эксплуатации, что связано с разрушением структуры бетона в результате коррозионного и морозного воздействия (рис. 2б).

а б

Рисунок 2. Брак и технологические отходы в цехе ЖБИ (а), морозное разрушение железобетонных конструкций моста (б)

Наиболее перспективным направлением утилизации бетонного лома, боя керамического и силикатного кирпича является получение на основе этих материалов заполнителя и минеральных добавок для использования в технологии бетона и других строительных материалов. Это направление утилизации отходов строительной индустрии соответствует концепции

экономики замкнутого цикла, в которой отходы не захораниваются, а используются в качестве вторичного сырья.

Несмотря на перспективность решения некоторых экологических задач, снижение стоимости сырьевых ресурсов рециклинг строительных материалов не получил широкого распространения. Это связано с низким качеством вторичных заполнителей и значительными затратами на сбор и переработку отходов строительной индустрии. Большая часть этих материалов в настоящее время вывозится на полигоны или используется в качестве заменителя грунта в земляных и ландшафтных работах [2]. В тоже время имеются данные о возможности применения переработанного бетонного лома для получения бетонов с высокими технико-строительными характеристиками, например [3] самоуплотняющихся бетонов с прочностью 65-70 МПа.

Основная проблема, которая в настоящее время не находит эффективного решения при переработке бетонного лома связана с наличием в его составе пористого и малопрочного цементного камня растворной составляющей бетона [1]. Для отделения этого компонента от природного крупного заполнителя предлагается использовать различные механические, химические и термические методы, а также комбинации этих методов. При выборе технологии переработки бетонного лома необходимо учитывать возможные области применения растворной составляющей перерабатываемого бетона. Без рационального использования этого компонента бетона невозможен эффективный рециклинг бетонных отходов с учетом того, что доли цементного камня и растворной составляющей бетона в объеме перерабатываемого бетонного лома – 30-40 и 50-60 %, соответственно [3]. Одним из направлений использования этих компонентов бетонного лома является их тонкое измельчение и использование в качестве минеральной добавки в технологии строительных материалов [4].

Для экспериментальной оценки возможности замещения гранитного щебня в бетоне на рециклинговый крупный заполнитель использовался вторичный щебень, полученный трехкратным дроблением бетонных образцов с прочностью 30-40 МПа в лабораторной щековой дробилке ШД-6 по «мягкому» режиму [5]. Под таким режимом понималось дробление в режиме завала при максимально открытой разгрузочной щели дробилки. При таком дроблении в результате принудительного самоизмельчения материала происходит разрушение преимущественно наименее прочного компонента бетонного лома – растворного камня. В результате рассева продуктов дробления был получен вторичный щебень фр. 5-10 мм марки 1000 со средней плотностью 2460 кг/м^3 и водопоглощением 8,2 %.

Из полученного рециклингового щебня были изготовлены 3 бетонные смеси, составы которых приведены в таблице 1. В качестве контрольного состава использовался бетон на гранитном щебне (состав № 4 в табл. 1). Во

все составы вводился суперпластификатор «Гиппласт Термо Тип 1» в количестве 3,3 кг/м^3.

Таблица 1

Составы бетона

Наименование компонента	Расход компонентов, кг/м^3			
	№1	№2	№3	№4
Вода	220	214	213	174
Цемент	402	406	407	434
Щебень из бетонного лома	1020	925	841	–
Гранитный щебень	–	–	–	1127
Песок	546	660	752	591

Консистенция смесей определялась по их расплыву под действием собственного веса из конуса Хегермана. Из бетонных смесей формовались образцы в формах 40×40×160 мм. Образцы твердели в течение 28 суток в нормальных условиях. Результаты определения консистенции смесей и прочности бетона приведены в таблице 2.

Таблица 2

Свойства бетона

Наименование характеристики	Значение характеристики			
	№1	№2	№3	№4
Расплыв конуса Хегермана, мм	125	129	133	228
Прочность на изгиб, МПа	6,4	7,1	6,9	6,5
Прочность на сжатие, МПа	48,3	53,1	52,4	61,6

Анализ данных в таблице 2 показывает, что замещение гранитного щебня на вторичный приводит к значительному снижению расплыва смесей несмотря на более высокий расход воды. Консистенции смесей не соответствуют интуитивно понятным, но пока еще не конкретизированным ни в одном из нормативно-технических документах требованиям к удобоукладываемости высокофункциональных бетонов.

Снижение расплыва смеси при использовании щебня из бетонного лома происходит не только из-за снижения текучести цементного теста в результате поглощения из него воды пористым заполнителем. Большое значение для ухудшения консистенции смеси имеет образование на поверхности пористого заполнителя слоя обезвоженного твердоподобного цементного теста, что увеличивает размеры крупного заполнителя и уменьшает объем жидкоподобной матрицы цементной суспензии. В результате контактного взаимодействия в смеси увеличенных в размере зерен крупного заполнителя подвижность смеси уменьшается.

Как видно из данных по прочности на изгиб (см. табл. 2) замещение гранитного щебня на вторичный не снижает, а в некоторых составах повышает эту характеристику бетона несмотря на повышенные значения

водоцементного отношения. Это свидетельствует о высокой адгезии цементного камня к поверхности рециклингового заполнителя. В связи с этим можно предположить, что бетон на вторичном заполнителе будет иметь более высокую трещиностойкость.

Прочность на сжатие бетона в составах на рециклинговом заполнителе ниже, чем на качественном заполнителе. Снижение прочности бетона составляет 14-21 %. Это снижение объясняется двумя факторами – более высоким водоцементным отношением и наличием во вторичном щебне малопрочной растворной составляющей. Однако, несмотря на уменьшение прочности, эта характеристика бетона остается достаточно высокой 48,3-53,1 МПа, что позволяет использовать полученный бетон для большинства современных железобетонных конструкций.

Основным недостатком вторичного щебня, полученного дроблением бетонного лома, одного из основных отходов современной строительной индустрии является содержание в его составе пористой и малопрочной растворной составляющей рециклируемого бетона. Этот компонент рециклингового щебня повышает его водопотребность и снижает прочность бетона на сжатие. В тоже время замещение гранитного щебня на щебень из бетонного лома не снижает прочность бетона на изгиб, повышая при этом соотношение прочностей на изгиб и сжатие, что позволяет предположить более высокую трещиностойкость бетона на рециклинговом щебне.

Список литературы

1. *Гусев, Б.В. Вторичное использование бетонов / Б.В. Гусев, В.А. Загурский. - М.: Стройиздат, 1988. - 97 с.*
2. *Бетонные отходы: организация переработки, свойства и применение / Н. Н. Морозова, А. Р. Гиззатуллин, А. П. Аксаков, К. О. Нестерова // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. - 2022. - № 1(10). - С. 32-46.*
3. *Свойства самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением продуктов переработки бетонного лома / М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, А. Ю. Егоров, А. И. Шестернин // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 4(57). – С. 115-121.*
4. *Морозова, Н. Н. Вовлечение отходов бетонного лома в производство новых материалов / Н. Н. Морозова, А. Р. Гиззатуллин // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы XVIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова, Пенза, 25–27 октября 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2023. – С. 145-149.*
5. *Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3(37). – С. 85.*

УДК 614.844.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ГАЗОВЫМИ ОГНЕТУШАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Королева Тамара Ивановна, *проф., канд. эконом. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Столяров Даниил Владимирович*, студент*

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Москва

При ликвидации горения проливов жидких горючих веществ, эффективность процесса тушения определяется величиной времени полного тушения очага пожара. Наиболее высоких значений показателя эффективности тушения удается достичь при введении в очаг пожара газовых огнетушащих веществ. Для решения данной проблемы в работе предлагается осуществлять изменение собственных физико-химических свойств газовых огнетушащих веществ, относящихся к группе нейтральных газов, с помощью наложения на поток газов внешнего статического электрического поля.

Ключевые слова: эффективность тушения пожаров, газовое пожаротушение, статическое электрическое поле, показатель эффективности тушения, жидкие горючие вещества, модельный очаг пожара.

Одним из наиболее эффективных методов тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей является метод газового пожаротушения [1, 2].

При этом существует проблема тушения пожаров жидких горючих веществ в условиях негерметичных защищаемых объемов, а также в условиях открытых (наружных) пожаров, что связано с собственными физико-химическими свойствами газовых огнетушащих веществ (ГОТВ), относящихся к группе нейтральных газов (НГ) [2, 3].

В настоящей работе выбор газовых огнетушащих веществ определяется из условий их высокой распространенности в природе, низкой себестоимости, а также в связи с отсутствием озоноразрушающего действия. [3, 5].

Целью работы является экспериментальное определение показателей эффективности и параметров тушения пожаров легковоспламеняющихся жидкостей модельным газовым огнетушащим составом (ГОТС), содержащим азот (N_2) и оксид углерода (IV) (CO_2). Экспериментальное исследование выполнялось в соответствии с методикой, изложенной в нормативно-техническом документе [4].

Изображение и схема экспериментальной установки, применяемой для экспериментального определения показателей эффективности и параметров тушения пожаров легковоспламеняющихся жидкостей модельным ГОТС представлены на рисунке 1.

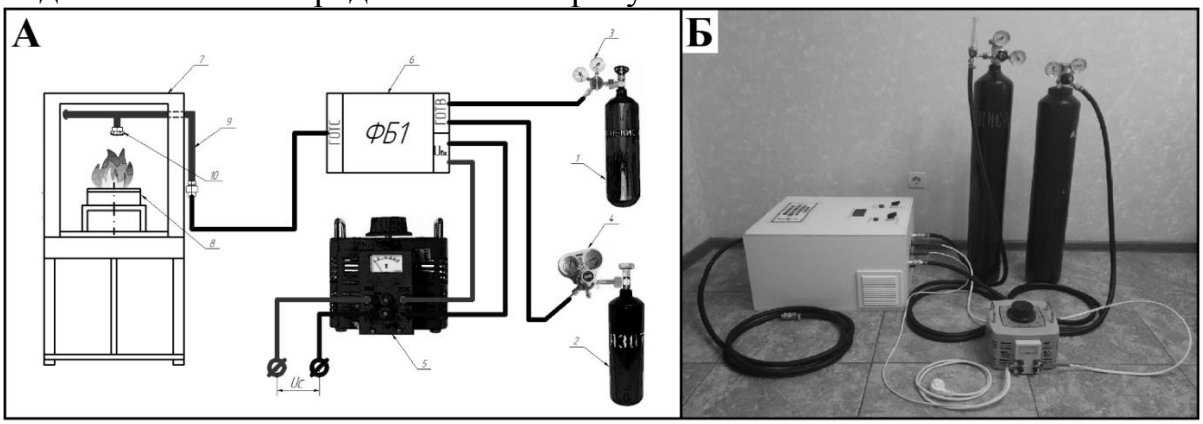


Рисунок 1. Изображение и схема экспериментальной установки, применяемой для экспериментального определения показателей эффективности и параметров тушения пожаров легковоспламеняющихся жидкостей модельным ГОТС

В качестве горючих веществ в экспериментальном исследовании применены горючие жидкости, отличительной особенностью которых является значение температуры вспышки $T_{f.p.} < 61$ (ºС). Геометрические размеры и конфигурация емкости для горючей жидкости удовлетворяют требованиям нормативно-технического документа [4] и соответствует рангу модельного очага пожара (МОП) 1В.

Для определения минимальной огнетушащей концентрации модельного ГОТС при тушении н-гептана методом чашечной горелки применена экспериментальная установка, схема которой изображена на рисунке 2.

Определение величины минимальной огнетушащей концентрации модельного ГОТС и стандартного ГОТВ при тушении н-гептана методом чашечной горелки выполнялось по формуле [4]:

$$\varphi_{\min} = \frac{q_{CO2} + q_{N2}}{q_a + \left(q_{CO2} + q_{N2}\right)} \times 100\%, \qquad (1)$$

где $\varphi_{\min}$ – минимальная огнетушащая концентрация ГОТС (ГОТВ), % об.;

q_a – расход сжатого воздуха, при котором наблюдается устойчивое горение горючей жидкости, л/с;

q_{CO2} – минимальный расход оксида углерода (IV), при котором достигается огнетушащий эффект, л/с;

q_{N2} – минимальный расход азота, при котором достигается огнетушащий эффект, л/с.

На рисунке 3 представлен процесс тушения модельных очагов пожара ранга 1В модельным ГОТС и стандартным ГОТВ.

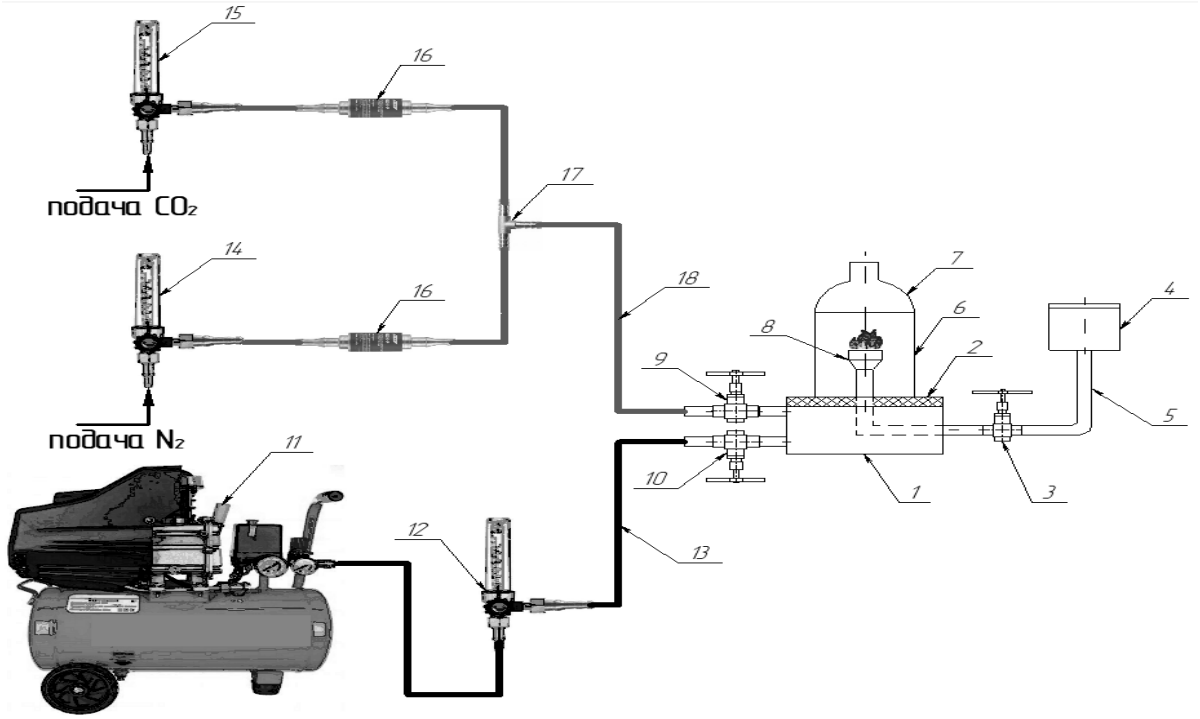


Рисунок 2. Схема экспериментальной установки для определения минимальной огнетушащей концентрации модельного ГОТС при тушении н-гептана методом чашечной горелки: 1 – основание; 2 – слой стеклянного боя; 3 – клапан запорный для н-гептана; 4 – расширительный резервуар для н-гептана; 5 – трубопровод н-гептана; 6 – труба стеклянная; 7 – колпак стеклянный; 8 – жидкостное горелочное устройство; 9 – клапан запорный для ГОТС; 10 – клапан запорный для сжатого воздуха; 11 – компрессор воздушный; 12 – ротаметр воздушный; 13 – трубопровод сжатого воздуха; 14 – ротаметр азотный; 15 – ротаметр углекислотный; 16 – клапан обратный; 17 – разветвитель трёхходовой; 18 – трубопровод ГОТС

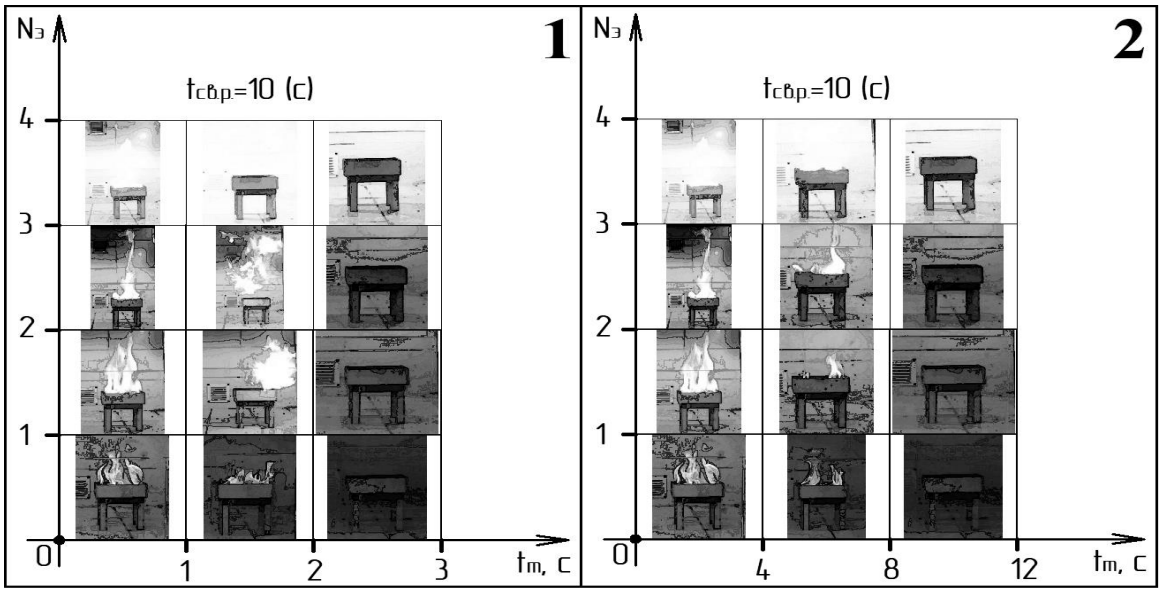


Рисунок 3. Процесс тушения модельных очагов пожара ранга 1В: 1 – процесс тушения МОП модельным ГОТС; 2 – процесс тушения МОП стандартным ГОТВ

Контрольная серия экспериментальных исследований включает 3 повторных огневых испытания при тушении МОП ранга 1В модельным ГОТС и 3 повторных огневых испытания при тушении МОП ранга 1В стандартным ГОТВ для каждого эксперимента, имеющего порядковый номер $N_э$ (см. рис. 3). Так в эксперименте, имеющем порядковый номер $N_э$=1, в качестве горючей жидкости применялся бензин автомобильный неэтилированный АИ-92; при $N_э$ = 2, в качестве горючей жидкости применялся нефтяной растворитель С4-155/200 (Уайт-спирит); при $N_э$ = 3, в качестве горючей жидкости применялся керосин авиационный ТС-1; при $N_э$=4, в качестве горючей жидкости применялся пропанон-2 (ацетон).

В таблице 1 представлены значения параметров и величин, определяющих эффективность тушения МОП ранга 1В модельным ГОТС в сравнении со стандартным ГОТВ.

В таблице 2 представлены значения минимальной огнетушащей концентрации модельного ГОТС и стандартного ГОТВ, полученные в ходе экспериментального исследования по тушению н-гептана методом чашечной горелки.

На рисунке 4 представлен график эмпирической зависимости полного времени тушения МОП ранга 1В от расхода модельного ГОТС при максимальном значении напряженности внешнего поперечного электростатического поля.

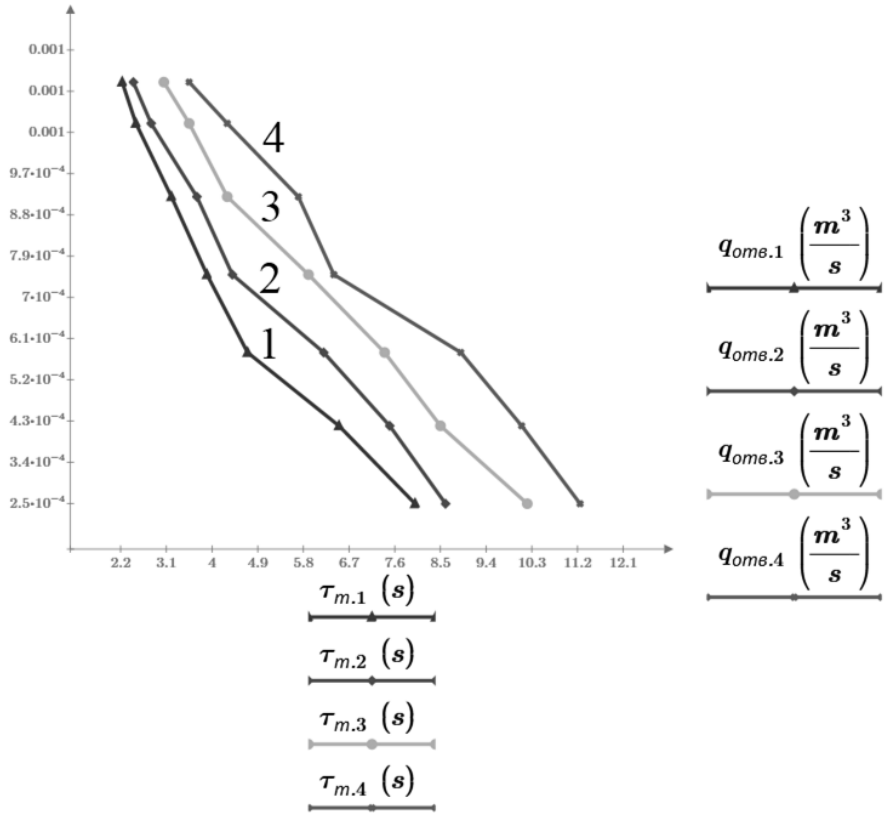


Рисунок 4. График эмпирической зависимости $\tau_т(q_{отв})$ при $E_\perp = E_{\perp\max}$.: 1 – график зависимости для бензина АИ-92; 2 – график зависимости для Уайт-спирита; 3 – график зависимости для керосина ТС-1; 4 – график зависимости для ацетона

Таблица 1

Значения параметров и величин, определяющих эффективность тушения МОП ранга 1В модельным ГОТС в сравнении со стандартным ГОТВ

Параметр, единицы измерения	Вид огнетушащего вещества							
	Модельный ГОТС – $CO_2 + N_2$				Стандартное ГОТВ – $CO_2 + N_2$			
	Бензин АИ-92	Уайт-спирит	Керосин ТС-1	Ацетон	Бензин АИ-92	Уайт-спирит	Керосин ТС-1	Ацетон
$S_{п.г.}$, м^2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$V_{в.}$, м^3	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}
$V_{г.ж.}$, м^3	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}	7×10^{-4}
$T_{пл.ср.}$, К	1062,38	1075,2	1154,6	929,07	1062,38	1075,2	1154,6	929,07
$v_л$, м/с	745	785	794	790	745	785	794	790
$G_в$, кг/с	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
$G_{п.г.}$, кг/с	0,1483	0,142	0,142	0,1097	0,1483	0,142	0,142	0,1097
$S_{пр.}\times H^{1/2}$, м$^{1/2}$	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
$Q_{т.}$, Вт	$3{,}8\times10^{14}$	$4{,}5\times10^{14}$	$3{,}1\times10^{14}$	$2{,}4\times10^{14}$	$3{,}8\times10^{14}$	$4{,}5\times10^{14}$	$3{,}1\times10^{14}$	$2{,}4\times10^{14}$
$q_{отв}$, м^3/с	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$	$1{,}12\times10^{-3}$
$p_г$, Па	8×10^5	8×10^5	8×10^5	8×10^5	8×10^5	8×10^5	8×10^5	8×10^5
$c_р/\lambda$, м×(кг×с)$^{-1}$	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
T_2/T_1	0,30182	0,3177	0,28794	0,33503	0,32429	0,33976	0,29995	0,3615
$\Delta T_{п.г.ж.}$, К	741,73	733,61	821,45	617,8	717,86	709,89	808,28	593,21
$\tau_т$, с	2,23	2,45	3,05	3,55	10,21	11,09	12	12,46
$Q_{охл}$, кДж/м^3	70725	137425	131675	77682,5	70725	137425	131675	77682,5
$E_\perp$, кВ/м	55,7-610	55,7-610	55,7-610	55,7-610	0	0	0	0

Таблица 2 – Значения минимальной огнетушащей концентрации модельного ГОТС и стандартного ГОТВ, полученные при тушении н-гептана методом чашечной горелки

Nэ	Минимальная огнетушащая концентрация	Вид огнетушащего вещества	
		Модельный ГОТС – $CO_2 + N_2$	Стандартное ГОТВ – $CO_2 + N_2$
1	$\varphi_{min\,1}$, % об.	26	36,5
2	$\varphi_{min\,2}$, % об.	27,2	38,4
3	$\varphi_{min\,3}$, % об.	25,3	37,2

Из рисунка 4 следует: убывание значений величины времени полного тушения легковоспламеняющихся жидкостей с возрастанием расхода модельного ГОТС [5].

В процессе выполнения экспериментального исследования по оценке показателей эффективности тушения пожаров жидких горючих веществ газовыми огнетушащими веществами, обладающими специальными физико-химическими свойствами, получены следующие основные результаты:

1. Процесс ликвидации гомогенного горения с применением модельного ГОТС характеризовался относительно быстрым убыванием среднеобъемной температуры факела пламени, а также температуры поверхности горючих жидкостей.

2. В результате выполнения сравнительных экспериментальных исследований получены значения полного времени тушения МОП ранга 1В, при этом значение времени тушения очага пожара стандартным ГОТВ превышает значение времени тушения модельным ГОТС, что является следствием более раннего достижения значения температуры потухания пламени $T_{пот.}$ при тушении очага пожара модельным ГОТС. Кроме того, в случае введения в очаг пожара модельного ГОТС, значение $\varphi_{ок\ min}$ и $q_{отв}$ оказывается меньшими, в сравнении со стандартным ГОТВ, что обусловлено возрастанием концентрации электронной и ионной компонент модельного ГОТС. По достижении значения $E_{\perp} = E_{\perp max}$ и $q_{отв} = 0{,}00112$ (м^3/с), величина полного времени тушения очага пожара оказывается равной

$\tau_т = 2{,}23$ (с) $= \tau_{т.min}$ (см. рис. 4).

Результаты выполненного исследования могут быть применены при разработке и выполнении огневых испытаний автоматических установок газового пожаротушения.

Список литературы

1. *Корольченко А.Я., Шилина Е.Н. Газовое пожаротушение // Пожаровзрывобезопасность. 2016. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gazovoe-pozharotushenie (дата обращения: 27.11.2022).*
2. *Костылев И.И., Ладин Н.В., Кукин С.А. Проблема отказа от хладагентов, неблагоприятных для окружающей среды // Транспорт Российской Федерации.*

Журнал о науке, практике, экономике. 2011. №1 (32). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-otkaza-ot-hladagentov-neblagopriyatnyh-dlya-okruzhayuschey-sredy (дата обращения: 27.11.2022).

3. *Столяров Д. В., Алешков М. В., Топольский Н. Г. [и др.]. Аналитическая оценка эффективности тушения пожаров твердых горючих веществ и материалов статическим электрическим полем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2022. № 2. С. 126–138. doi:10.21685/2227-8486-2022-2-9.*
4. *ГОСТ Р 50969-96 «Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний».*
5. *Филипчик М.В., Старков Н.Н. К вопросу о тушении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей твердой двуокисью углерода // Материалы научных чтений «Белые ночи» Академии МАНЭБ. – СПб.: МАНЭБ, 2000. - с. 80-83.*

УДК 624.078.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НА ВКЛЕЕННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ШАЙБАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

***Мартышкин Даниил Олегович**, аспирант кафедры строительные конструкции*
***Колесников Никита Викторович**, аспирант кафедры строительные конструкции*
***Залилов Илья Вадимович**, аспирант кафедры строительные конструкции*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассмотрены вопросы численного моделирования напряженно-деформированного состояния соединений деревянных конструкций на вклеенных стеклопластиковых шайбах в программном комплексе ANSYS. Выполнено моделирование образцов с вклеенными шайбами при различной влажности древесины. Результаты численного моделирования представлены в виде характерных линий распределения напряжений и перемещений. Установлено влияние влажности древесины на напряженно-деформированное состояние соединений с применением вклеенных стеклопластиковых шайб. Выполнен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: деревянные конструкции, соединение, несущая способность, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, влажность, шайба, стеклопластик, стеклотекстолит.

В современной практике строительства несущие деревянные конструкции (далее ДК) применяются повсеместно [1]. Древесина в отличие от металлических и железобетонных конструкций обладает большей стойкостью к воздействию агрессивных сред, в связи с чем деревянные несущие конструкции нашли применение в объектах с высоким уровнем влажности такие как бассейны, хоккейные стадионы, объекты сельского хозяйства и химической промышленности.

В связи с ростом отечественного строительства вопрос о влиянии температурно-влажностных параметров на узловые соединения деревянных конструкций является актуальным. Для обеспечения коррозионной стойкости предложены варианты узловых соединений ДК с применением механических связей из композитных материалов: вклеенные углепластиковые нагели и шайбы из стеклотекстолита КАСТ-В [2].

Испытания образцов на вклеенных стеклопластиковых шайбах показали высокую несущую способность стеклопластиковых шайб [2-3] в сравнении с аналогом на металлических шайбах [4]. Однако следует отметить, испытания производились при нормальных условиях, т.е. при температуре 18-20°C и относительной влажности воздуха W=60-65%, а

также при влажности древесины 12%. В связи с чем необходимо выполнить численное моделирование и установить влияние влажности древесины на напряженно-деформированное состояние (далее НДС) соединения на вклеенных стеклопластиковых шайбах.

Численное моделирование соединения

Для исследования НДС соединений на вклеенных стеклопластиковых шайбах было выполнено моделирование опытных образцов (рис. 1). При создании моделей за основу приняты результаты натурных испытаний образцов на вклеенных стеклопластиковых шайбах толщиной $t_ш$ 6 и 10 мм [2-3].

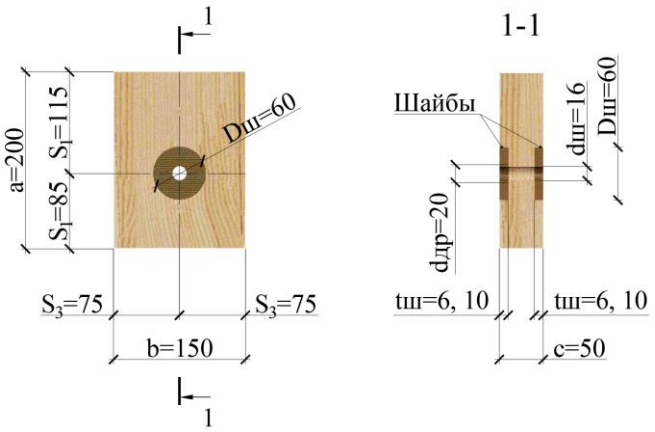


Рисунок 1. Размеры образца на вклеенных стеклопластиковых шайбах

Согласно результатам испытаний односоставных образцов [2-3], установлено, что при увеличении толщины шайбы $t_ш$ от 6 до 10 мм, увеличивается разрушающая нагрузка образцов, шайба воспринимает большие усилия, передаваемые с центрового болта, и увеличивается разрушающая нагрузка – несущая способность (далее НС) соединения. Графики нарастания деформаций сдвига на вклеенных стеклопластиковых шайбах представлены на рис. 2.

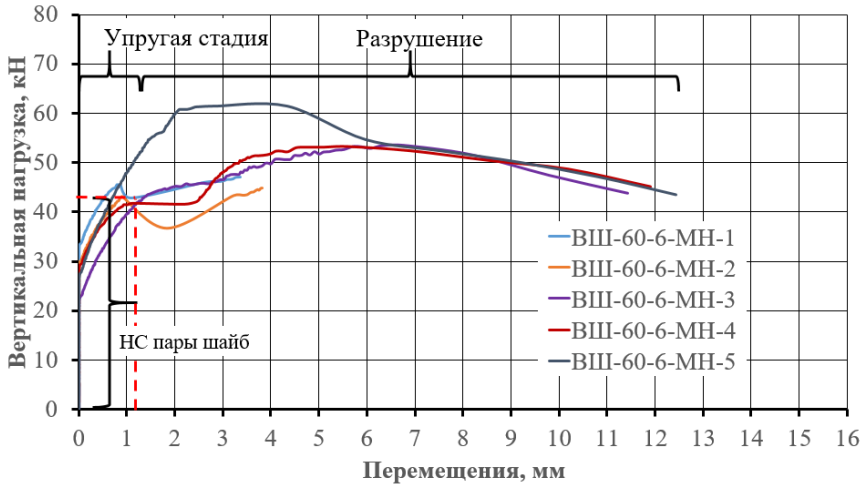
Как видно из графиков (рис. 2) характер деформаций в образцах аналогичен. При нагружении в образцах на вклеенных стеклопластиковых шайбах диаметром 60 мм и толщиной 6 мм (рис. 2, а) наблюдается рост деформаций до величины 1,1 мм, после чего отмечен перегиб на графике – происходит смятие шайб и в работу включается древесина, что было отмечено при испытаниях (резкий треск в образцах), после чего происходит разрушение образца (шайбы и древесины) вдоль линии действия усилия. Аналогичная картина представлена у образцов с вклеенными шайбами толщиной 10 мм – до величины 2,4 мм.

Далее необходимо выполнить численное моделирование односоставных образцов с вклеенными шайбами толщиной 6 и 10 мм, и рассмотреть влияние влажности древесины на НДС соединения.

Моделирование осуществлялось соединения посредством задания геометрии и свойств материалов элементов соединения. Для деревянного

элемента приняты табличные значения расчетных характеристик древесины сосны второго сорта (СП 64.13330.2017), для шайб – характеристики стеклотекстолита КАСТ-В приняты согласно ГОСТ 10292-74, для болта – деформативные характеристики приняты согласно СП 16.13330.2017.

а)



б)

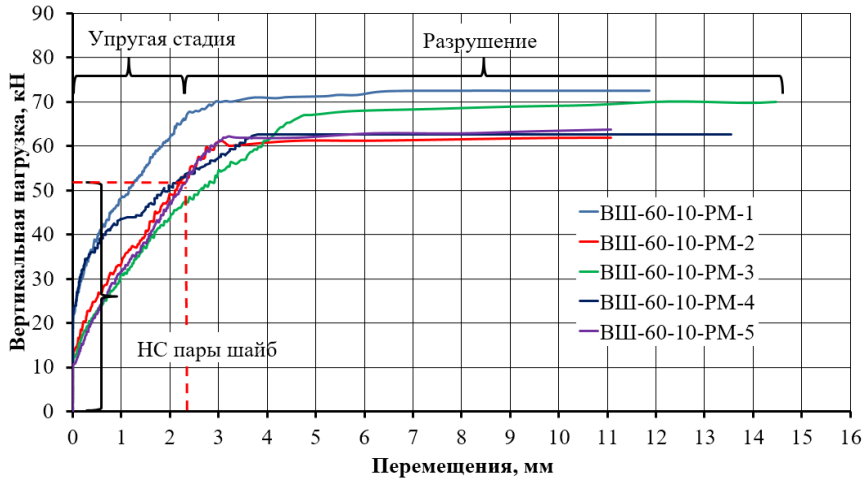


Рисунок 2. Деформации сдвига в односоставных образцах с шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

Численное моделирование образцов было произведено в ПК ANSYS. Объемная конечно-элементная модель, схема приложения нагрузки и граничные условия образцов с вклеенными стеклопластиковыми шайбами представлены на рис. 3.

Образцы нагружались ступенчато с шагом 1,0 кН от 0 до 25 кН согласно графикам деформаций сдвига и испытаниям [2-5]. Деформативные свойства древесины при различной влажности (12%, 15%, 20%, 25%, 30%) присваивались в соответствии с ГОСТ 16483.9-73.

Результаты расчета представлены в виде изополей напряжений и перемещений. Для анализа распределения напряжений и перемещений в деревянном элементе и шайбе выявлены наиболее характерные линии изменения напряжений (рис. 4). Рассмотрим распределение напряжений сжатия σ_y по линии 1, 2, 5 для образцов с вклеенными стеклопластиковыми шайбами толщиной 6 и 10 мм при различной влажности древесины.

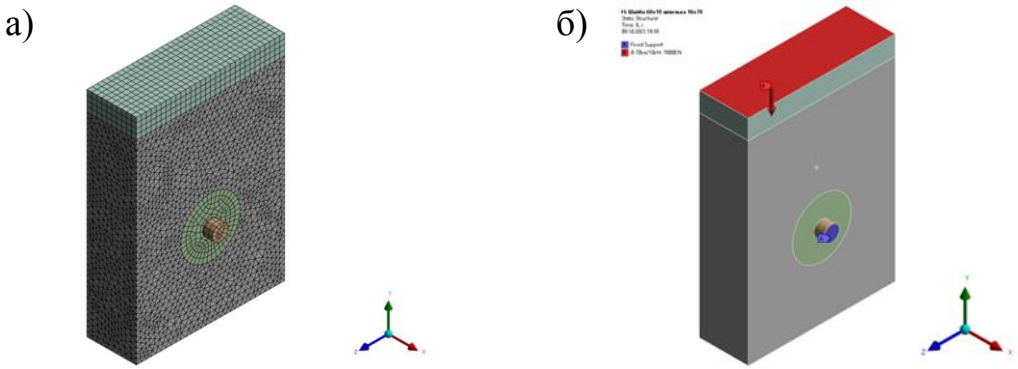


Рисунок 3. Объемная конечно-элементная модель (а), схема приложения нагрузки и граничные условия (б)

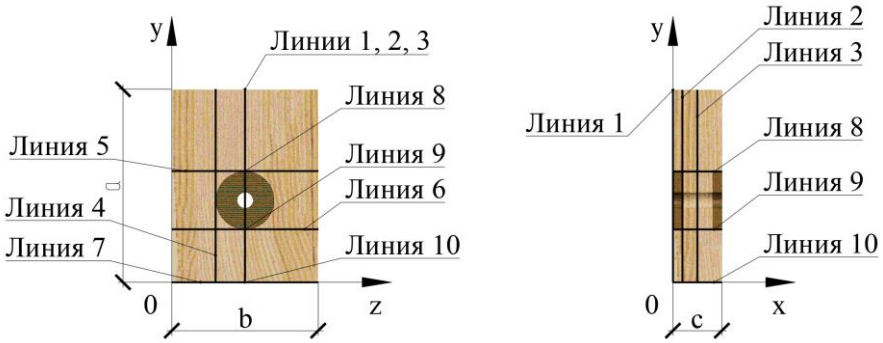


Рисунок 4. Характерные линии напряжений

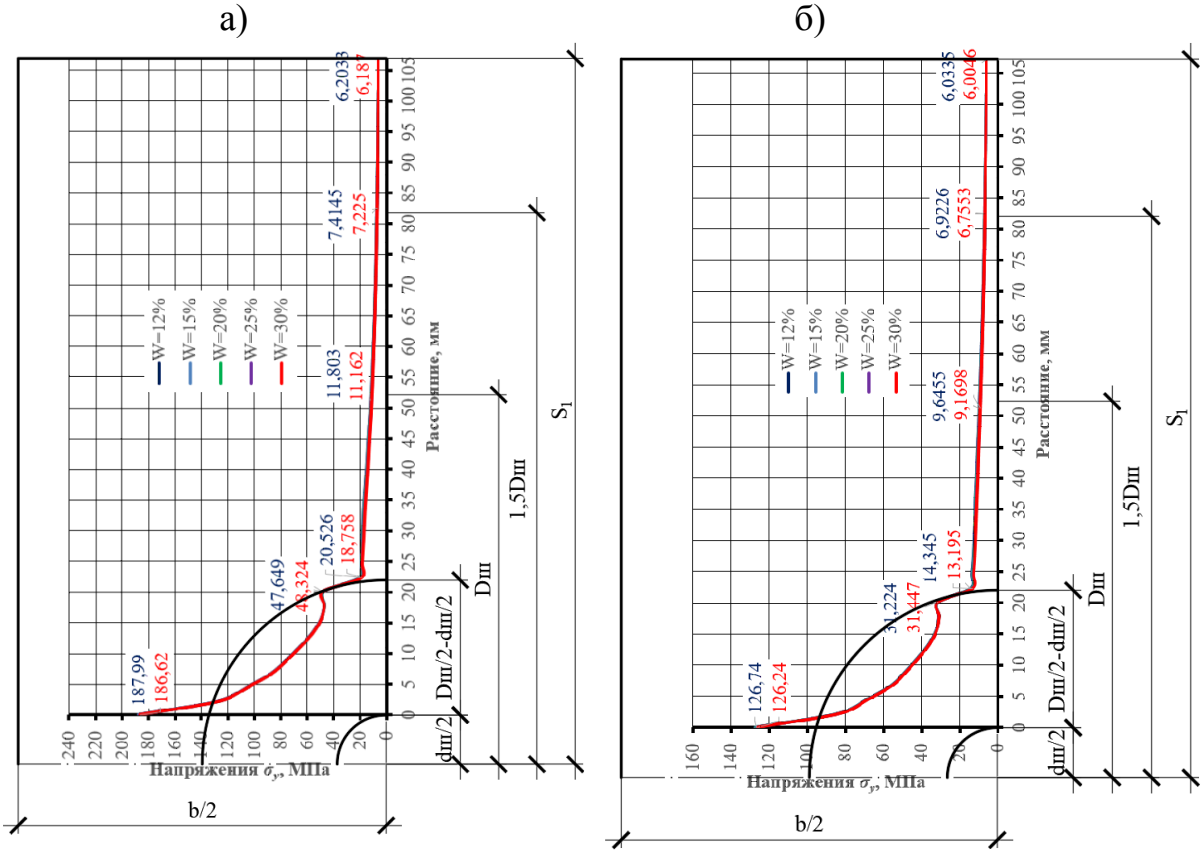


Рисунок 5. Распределение вертикальных напряжений сжатия σ_y по линии 1 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

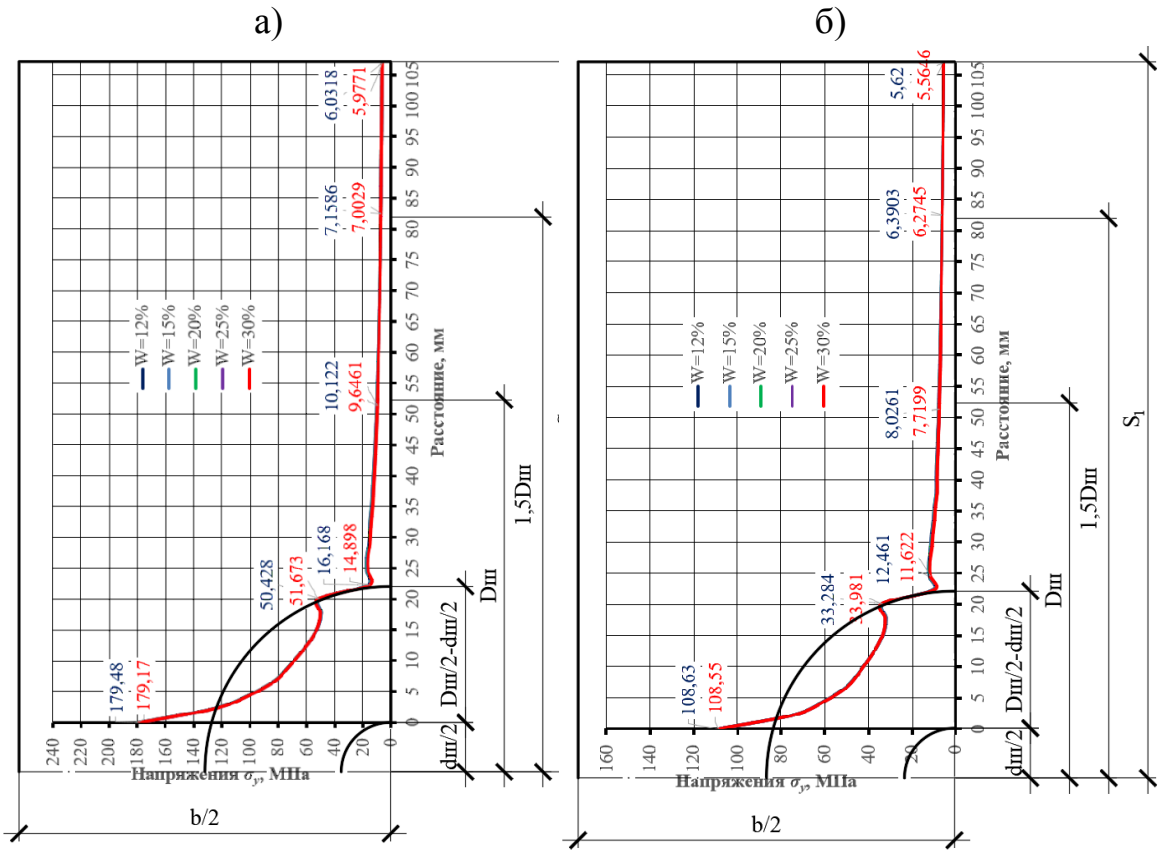


Рисунок 6. Распределение вертикальных напряжений сжатия σ_y по линии 2 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

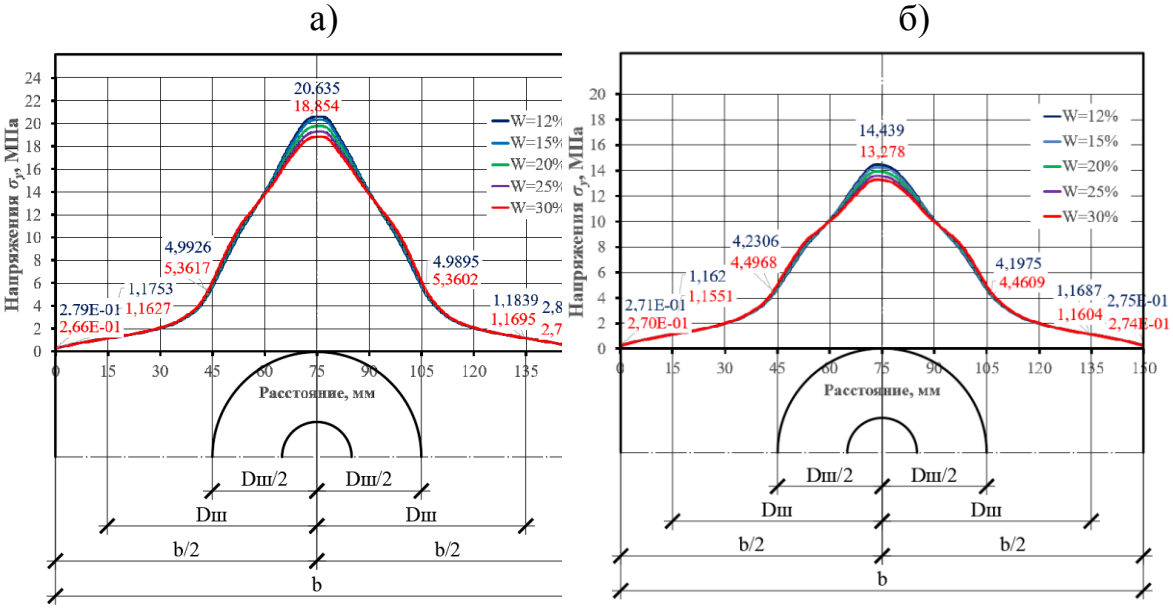


Рисунок 7. Распределение вертикальных напряжений сжатия σ_y по линии 5 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

Согласно рис. 5-7 характер распределения напряжений образцов с вклеенными стеклопластиковыми шайбами толщиной 6 и 10 мм при влажности древесины от 12% до 30 % аналогичен.

Максимальные напряжения σ_y по линии 1, 2 (рис. 5-6) возникают стеклопластиковых шайбах. В образцах с вклеенными шайбами толщиной 6 мм и 10 мм величины максимальных напряжений в шайбах по линии 1 отличаются на 33% и на 40 % по линии 2, что объясняется меньшей площадью распределения напряжений в образцах с толщиной шайб 6 мм. Величины напряжений σ_y по линии 1, 2 (рис. 5-6) в точке шайба-древесина на расстоянии Dш/2-dш/2 (dш – диаметр центрового болта, равен 16 мм) от отверстия шайбы отличаются на 30 %. На расстоянии 60 мм (Dш), 90 мм (1,5Dш) и на торцах деревянных элементов незначительно отличаются (величина невязки не превышает 10%). То же наблюдается при распределении напряжений σ_y по линии 5 (рис. 7).

Величины напряжений сжатия σ_y по линии 1, 2, 5 при важности древесины 12%, 15%, 20%, 25%, 30% отличается незначительно (величина невязки не превышает 10 %), что подтверждает правильность численной модели. В связи с чем необходимо рассмотреть распределение перемещений в образцах при различной влажности древесины.

Согласно рис. 8-9. характер распределения перемещений в образцах вклеенными шайбами толщиной 6 и 10 мм при различной влажности древесины аналогичен.

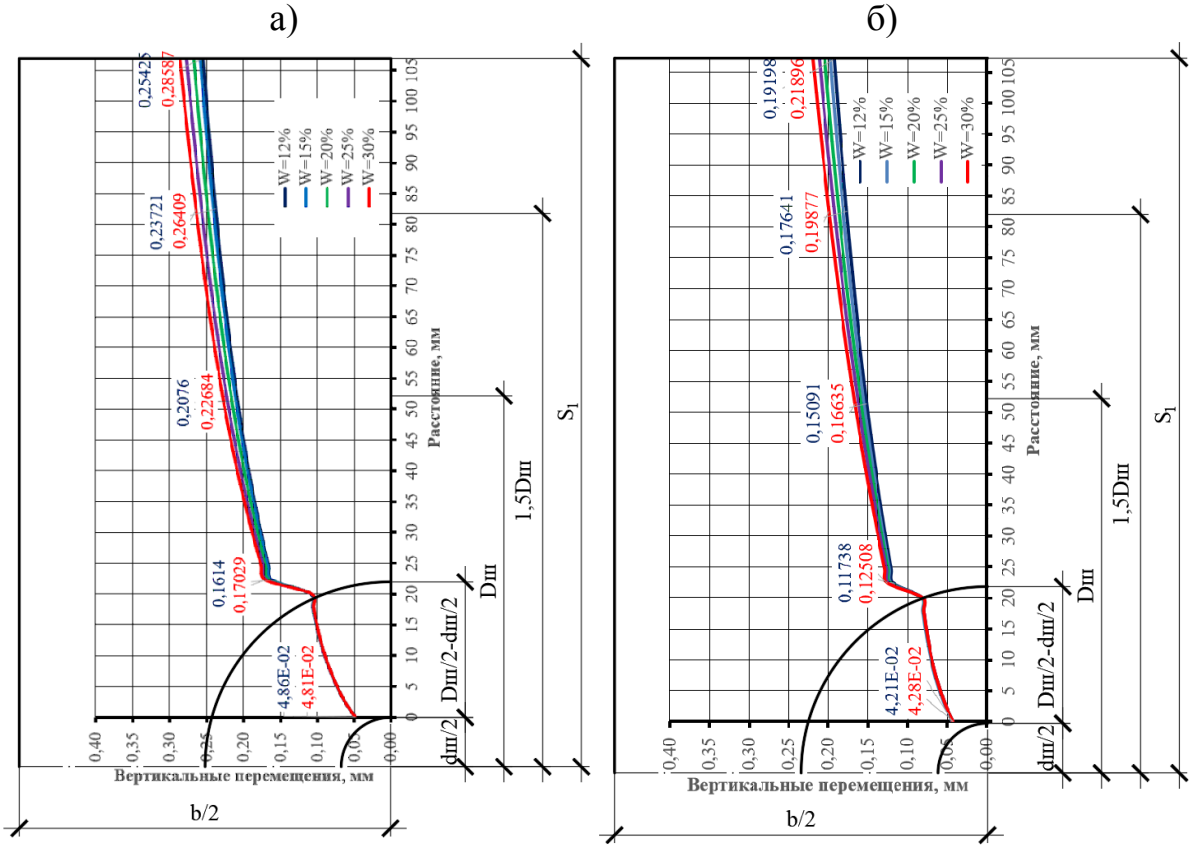


Рисунок 8. Распределение вертикальных перемещений по линии 1 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

Увеличение влажности с 12% до 30% в образцах с толщиной вклеенных шайб 6 и 10 мм приводит к увеличению величин перемещений в

точках образцов: по линии 1 (рис. 8) в точке под шайбой (Dш/2-dш/2) величина перемещений при влажности древесины 30% увеличивается на 5 и 6%, в точке Dш – на 8 и 9%, в точке 1,5Dш – на 10 и 12%, на торце образца – 11 и 12%.

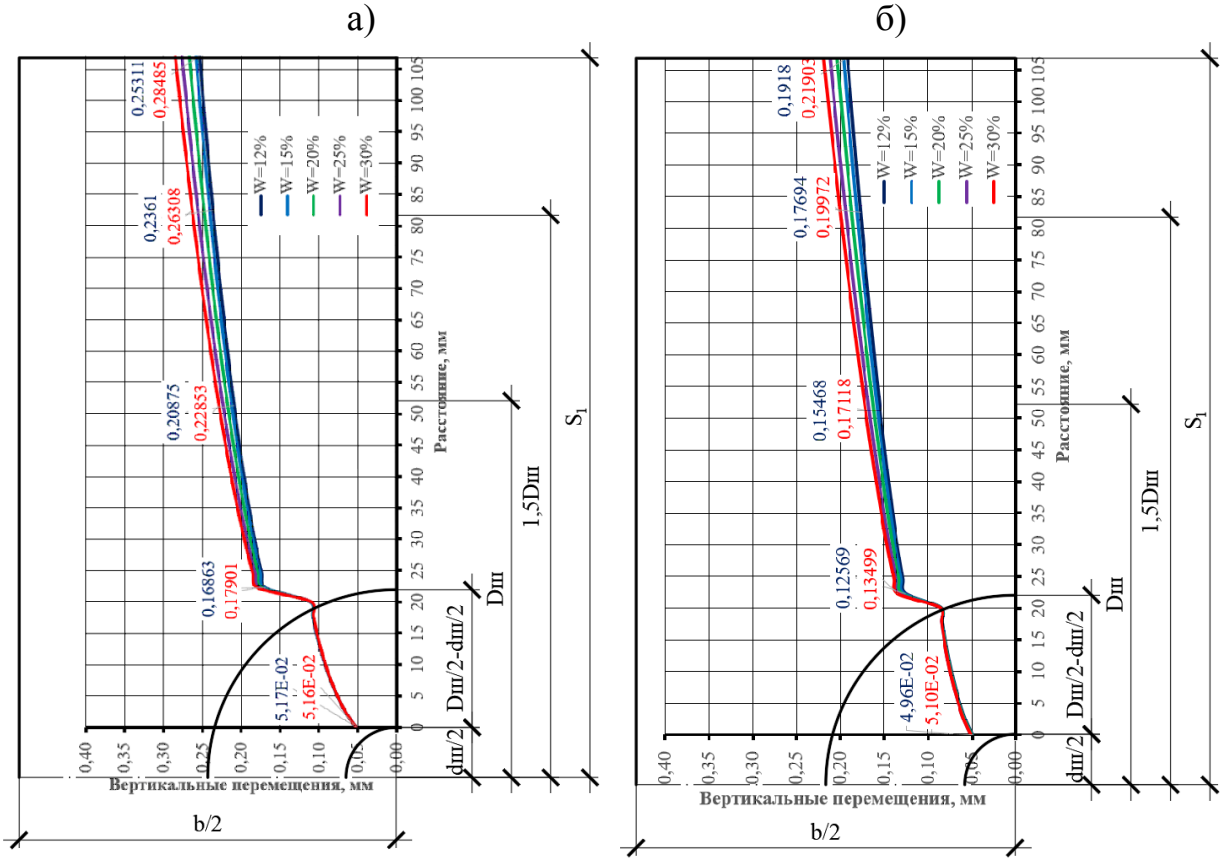


Рисунок 9. Распределение вертикальных перемещений по линии 2 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

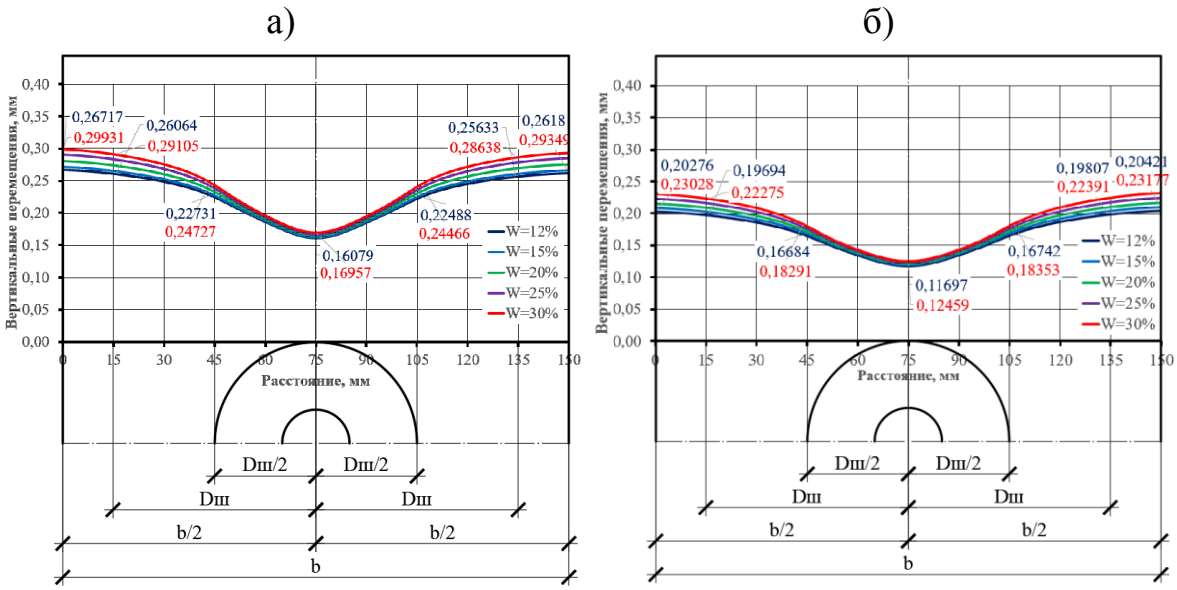


Рисунок 10. Распределение вертикальных перемещений по линии 5 деревянного элемента с вклеенными шайбами толщиной 6 мм (а) и 10 мм (б)

Аналогичное увеличение влажности установлено по линии 2 (рис.9).

Согласно рис.10 увеличение влажности с 12% до 30% в образцах с толщиной вклеенных шайб 6 и 10 мм приводит к увеличению величины перемещений в точках образцов по линии 5: в точке под шайбой на 5 и 6%, в точке Dш/2 – 8 и 9%, в точке Dш – на 10 и 12%, по торцам образцов – на 11 и 12%.

Таким образом, увеличение влажности древесины приводит к возрастанию распределения перемещений и как следствие, к снижению жесткости и несущей способности соединений деревянных конструкций на вклеенных стеклопластиковых шайбах.

Применение древесины сосны второго сорта с влажностью 12% является целесообразным для несущих ДК. Следует отметить, при проектировании объектов с агрессивной средой необходимо учитывать параметры влажности древесины для определения НС соединений и несущей конструкции в целом.

На основе результатов численного моделирования НДС образцов с вклеенными стеклопластиковыми шайбами различной толщины, получена достоверная картина распределения напряжений и перемещений в деревянном элементе и шайбах при различной влажности древесины.

Установлено, что увеличение влажности древесины незначительно влияет на величину напряжений в древесине и шайбе, однако приводит к возрастанию распределения перемещений и как следствие, к снижению жесткости и несущей способности соединения на вклеенных стеклопластиковых шайбах.

Список литературы

1. *Сибен, А.В. Клеёные деревянные конструкции в строительстве: эффективность и проблемы применения // В сборнике: Новые технологии - нефтегазовому региону. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В IV томах. - Тюмень. - 2022. - С. 180-183.*
2. *Арискин, М.В. Соединения на вклеенных стеклопластиковых шайбах в деревянных конструкциях / М.В. Арискин, Д.О. Мартышкин // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – №2(51). – С. 96-103.*
3. *Мартышкин, Д.О. Несущая способность соединений деревянных конструкций с вклеенными стеклопластиковыми шайбами различной толщины / Д.О. Мартышкин, М.В. Арискин // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – №1(54). – С. 108-114.*
4. *Вдовин, В.М. Вклеенные металлические шайбы в соединениях деревянных конструкций: монография / В.М. Вдовин, М.В. Арискин, Д.Д. Дудорова. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 184 с.*
5. *Мартышкин, Д.О. Расстановка вклеенных стеклопластиковых шайб в соединениях деревянных конструкций / Д.О. Мартышкин, М.В. Арискин // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – №4(53). – С. 75-83.*

УДК 624.011.1

ПОЛНОСБОРНЫЕ БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Меркушов Антон Викторович, *аспирант кафедры строительные конструкции*
Мартышкин Даниил Олегович, *аспирант кафедры строительные конструкции*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассмотрены виды быстровозводимых зданий. Каркасно-щитовой и блочно-модульный с несущими деревянными конструкциями, являются наиболее распространенными в современной практике строительства. Представлены конструктивные решения, технология изготовления и монтажа, установлены достоинства и недостатки. Представлены примеры быстровозводимых зданий с применением деревянных конструкций. Предложены пути совершенствования конструктива полносборных быстровозводимых зданий путем применения вклеенных металлических и композитных шайб.

Ключевые слова: деревянные конструкции, полносборные быстровозводимые здания, сборно-разборность, соединение, вклеенные шайбы.

В настоящее время в мире существует большое количество различных деревянных конструкций. Экологичность, доступность материалов, простота обработки и легкость сборки – основные принципы, которыми руководствуются при проектировании зданий и сооружений из деревянных конструкций. Различные методы строительства из дерева подразделяются на несколько основных типов: строительство из бревен и бруса, сооружение из деревянных массивных элементов, каркасно-панельная технология их открытых и (или) закрытых элементов, модульное строительство, а также, комбинированная технология строительства зданий. Наибольший интерес представляют виды каркасно-панельного домостроения, отличительными особенностями которых являются быстрая сборка конструкций и высокая степень их отделочной готовности. Промышленное производство отдельных конструкций и предварительно собранных элементов обеспечивает более высокое качество по сравнению с изготовлением данных конструкций непосредственно на строительной площадке [1].

В современных технологических условиях это открывает широкие возможности для возведения как жилых, так и общественных зданий малой и средней этажности.

В последнее время строительная индустрия активно внедряет цифровые технологии, такие как 3D-моделирование, построение информационных моделей (BIM-технологии) и числовое программное управление (ЧПУ). Эти инструменты значительно упрощают процесс

проектирования и строительства, повышая эффективность и точность выполнения работ.

Кроме того, современные технологии проектирования, производства, логистики и монтажа позволяют создавать высококачественные модули (рис. 1). Это, в свою очередь, способствует ускорению процесса строительства и снижению временных и финансовых затрат. Все это приводит к изменениям в экологических взглядах на отрасль: сокращению строительных отходов, повышению цикличности использования материалов и снижению выбросов углекислого газа в атмосферу [2].

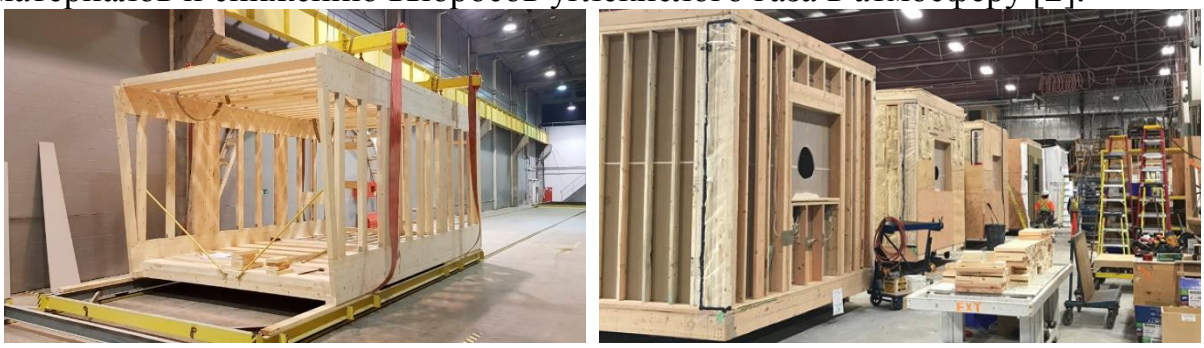


Рисунок 1. Деревянные изделия заводской готовности

Каркасные быстровозводимые здания

В современной практике строительства существует несколько наиболее распространенных видов быстровозводимых зданий:

– каркасно-панельные (каркасно-щитовые);
– каркасно-тентовые (каркасно-мембранные);
– бескаркасные;
– блочно-модульные;
– каркасно-монолитные (метод несъёмной опалубки).

Данные виды постоянно совершенствуются, тестируются и внедряются в практику строительных организаций. Каркасно-щитовой, а также, блочно-модульный методы являются наиболее успешными и активно применяются в полносборных быстровозводимых зданиях из деревянных конструкций.

Каркасно-щитовые быстровозводимые здания

Данный метод активно применяется при строительстве индивидуальных жилых домов, временных сооружений, а также, небольших общественных и промышленных зданий (рис. 2). При строительстве зданий по каркасно-щитовой технологии стены возводятся на «хребетно-реберной» специальной конструкции, которая заранее моделируется и рассчитывается. Несущий каркас состоит из деревянных стоек и балок, а для заполнения промежуточного пространства применяются различные материалы минерального происхождения, затем каркас с обеих сторон обшивается панелями (щитами) из различных

материалов (OSB, фанера, ЦСП и др.) по предварительно уложенным слоям гидро- и пароизоляции (рис. 2).

Рисунок 2. Каркасные быстровозводимые здания

Каркасно-щитовые конструкции обладают рядом преимуществ:

– скорость возведения (от 4-6 недель благодаря автоматизации и отточенности технологического процесса);

– простота монтажа в виду сравнительно небольшого веса отдельных элементов и конструкции целиком;

– высокий уровень звукоизоляции и теплоизоляции;

– возможность монтажа в любое время года;

– низкие трудозатраты.

К недостаткам можно отнести:

– высокая пожароопасность;

– загнивание элементов при повышенной влажности;

– отсутствие дополнительного вентилирования;

– возможность распространения насекомых и грызунов в утеплителе.

Большинство недостатков могут быть устранены при проведении дополнительных мероприятий по защите конструкций от соответствующих воздействий.

Блочно-модульные быстровозводимые здания

Одним из новейших направлений в строительстве деревянных малоэтажных (1-4 этажей) и среднеэтажных (5-10 этажей) зданий являются массивные многослойные деревянные панели, изготавливаемые в заводских условиях, что приводит к улучшению точности и качества изготовления, повышению производительности и безопасности производства. Несмотря на высокую стоимость таких панелей, стоимость возводимого здания будет ниже, по сравнению с аналогом из железобетона или кирпича, поскольку трудозатраты возведения полносборного дома на строительной площадке сведены к минимуму.

Такая конструкция обеспечивает стабильность размеров и формы панелей, хорошие теплофизические показатели, близкие к показателям утеплителей, и экологичность. Возможность изготовления панелей большой площади позволяет использовать преимущества методов крупнопанельного

домостроения по аналогии с железобетонными стеновыми панелями [1]. Большим плюсом является малый вес, что позволяет сэкономить на фундаментах и на применении кранов меньшей грузоподъемности.

На сегодняшний день полносборные быстровозводимые здания из деревянных конструкций уже успешно применяются в различных областях, включая жилую и коммерческую недвижимость, образовательные учреждения, спортивные сооружения, а также временные и сезонные объекты.

Примером сочетания железобетонных фундаментов и сборных деревянных конструкций является проект «MOTO» в Денвере, штат Колорадо (рис. 3) – многофункциональное здание, состоящее из 64 квартир, общей площадью 7620 квадратных метров, с паркингом и торговыми площадями. Дом имеет четыре этажа и выполнен из легкого деревянного каркаса, стоящего на двухуровневом бетонном фундаменте. Парковка находится над землей, а площадь для розничной торговли составляет 300 квадратных метров. В проекте использована древесина как для несущего каркаса, так и для декоративных элементов.

Благодаря инновационной панельной системе, строительство шло на удивление быстро – каждый этаж возводился всего за неделю, а весь проект был завершен менее чем за 1,5 месяца. В основе конструкции лежит уникальное сочетание различных видов древесины, включая клееные несущие двутавровые балки и колонны, декоративные элементы из кедра, соединенные «в шпунт». Фасад дома отделан декоративной решеткой из кедра, двери выполнены из сосны, а отделка включает шпоновые плиты из переработанной сосны.

Рисунок 3. Проект «MOTO» в Денвере, штат Колорадо

К модулям заводского изготовления относят каркасно-щитовые конструкции (стены, перекрытия, кровля), относящиеся к легким, а также массивные, к которым относятся: панели из поперечно-клееной древесины (CLT), панели из продольно-клееной древесины (NLT), панели из клееной древесины, скрепленной дюбелями (DLT) и колонны и балки в виде панелей из многослойной клееной древесины (GLT) (рис. 4) [2].

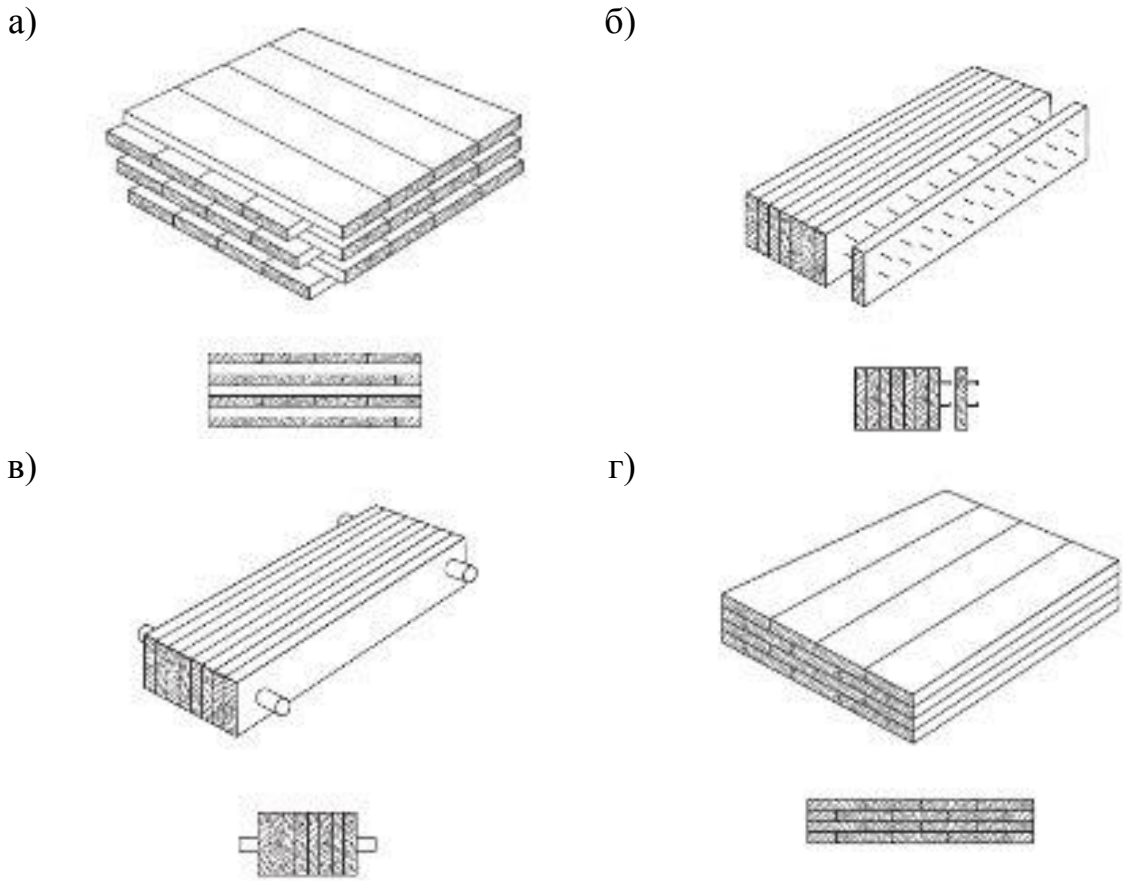


Рисунок 4. Массивные многослойные деревянные панели: а) панели из поперечно-клееной древесины (CLT), б) панели из продольно-клееной древесины (NLT), в) панели из клееной древесины, скрепленной деревянными дюбелями (DLT), г) панели из многослойной клееной древесины (GLT)

Панели из поперечно-клееной древесины (CLT) (рис. 4, а) изготавливаются с помощью склейки слоев древесины, уложенных перпендикулярно друг другу. Для уплотнения материала и формирования единой панели применяются гидравлические или вакуумные прессы. После этого панель проходит измерение и приобретает форму с применением числового программного управления (ЧПУ). В зависимости от конструкции, количество слоев в панели может колебаться от трех до семи и более. Панели могут быть оснащены дверными и оконными проемами, а также отверстиями для инженерных систем, которые делаются до транспортировки на строительную площадку. CLT панели обладают высокой несущей способностью и могут использоваться как для вертикальных, так и для горизонтальных конструкций.

Панели из продольно-клееной древесины (NLT) (рис. 4, б) являются отличным выбором для твердых и прочных конструкций пола, стен и покрытий. Они особенно популярны в складских помещениях, где требуется надежное и прочное основание пола. Панели NLT могут заменить бетонные плиты и стальные настилы в жилых и общественных зданиях, придавая интерьеру уникальный стиль и внешний вид. Эти панели

создаются из объемных пиломатериалов, которые укладываются на ребро и закрепляются при помощи различных нагельных соединений (гвозди, саморезы). Для повышения жесткости готовой панели ее можно дополнительно обшить фанерой.

Панели из клееной древесины, скрепленной деревянными дюбелями (DLT) (рис. 4, в) представляют собой массивные деревянные панели, в которых вместо клеевых составов и металлических нагелей используются деревянные дюбели. Для увеличения быстроты сборки применяются большие размеры панелей (от 3 до 20 м), которые подходят как для перекрытий и покрытий, так и для стен. Экологически чистые панели DLT не содержат клея, химикатов или гвоздей, что делает их безопасными для окружающей среды. Благодаря отсутствию металлических деталей, панели DLT просты в обработке на станках ЧПУ.

Панели из многослойной клееной древесины (GLT) (рис. 4, г) представляет собой конструктивный клееный брус, состоящий из отдельных деревянных панелей (размерных пиломатериалов) склеенных вместе прочными, влагостойкими клеями. Структура всех слоев параллельна длине элементов, которые могут быть прямыми, изогнутыми, дугообразными и сужающимися. Помимо зданий, данные панели могут выступать основным материалом для несущих конструкций мостов, навесов и павильонов. Его можно использовать в качестве колонн, прямых или изогнутых балок, перекрытий и стен. GLT активно используется для большепролетных конструкций, нестандартных криволинейных форм и конструктивных оболочек. Кроме того, клееные древесные панели находят широкое применение в строительстве малоэтажных жилых домов, где они используются для устройства лифтов и лестничных шахт.

Вариатность проектных решений, быстрота и эффективность монтажа, а также тепло- и энергоэффективность – основные преимущества, которые предоставляют различные деревянные панели для блочно-модульных быстровозводимых зданий. В свою очередь, у таких панелей есть и свои недостатки, связанные с большими габаритами и немалым весом, монтаж таких конструкций без грузоподъемных механизмов невозможен. Однако, за счет стыковых соединений, к примеру, на стальных вклеенных или резьбовых шайбах, можно значительно снизить необходимость в кранах, а также обеспечить сборно-разборность таких конструкций для замены поврежденных элементов в периоды эксплуатации или для транспортировки временных зданий, к примеру, офисов, складов и т.д.

Исследование и применение новых конструктивных решений узловых соединений необходимо для совершенствования и повышения надёжности несущих деревянных конструкций. Одним путей совершенствования является применение металлических и композитных шайб, которые вкладываются или вклеиваются в тело древесины (рис. 5) [3-5].

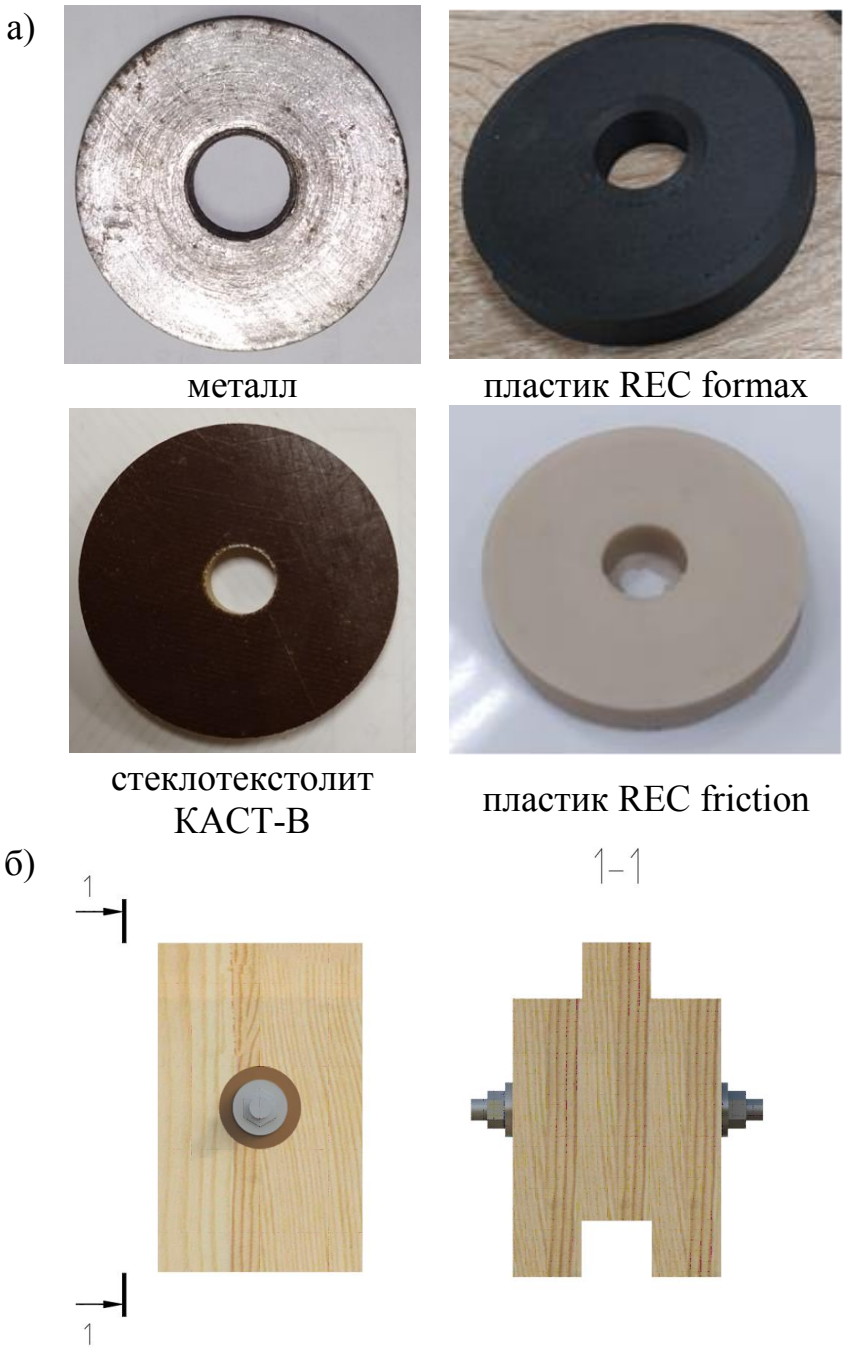


Рисунок 5. Общий вид шайб (а), простейшее соединение деревянных элементов с вклеенными шайбами (б)

Шайбы можно использовать из различных материалов: металл, стеклотекстолит, пластик. Рассмотрены варианты применения вклеенных и невклеенных шайб [3-5]. Также следует отметить, стальные шайбы можно использовать с внутренней резьбой для обеспечения жёсткости и снижения податливости соединения [5].

Для обеспечения немагнитности, радипрозрачности, коррозионной стойкости, аутентичности и снижения массы конструкций в целом целесообразно применять шайбы из композитных материалов: стеклотекстолит КАСТ-В [4], пластики REC formax (АБС-пластик с

содержанием углеродных волокон (15%)) и REC friction (полиамид 12 с добавлением стекловолокон (12%)) (рис.5). Следует отметить, шайбы из стеклотекстолита изготавливаются в заводских условиях, шайбы из пластиков REC formax и REC friction изготавливаются с применением аддитивных технологий.

Технология изготовления данных соединений достаточно проста и выполняется по аналогичной методике. Шайбы из металла и стеклотекстолита изготавливаются из листа заготовки, пластиковые с применением аддитивных технологий. В основе лежит выборка небольшого круглого углубления в деревянном элементе под стальную или стеклопластиковую шайбу и высверливание сквозного отверстия под стяжную шпильку или болт. Затем шайбы вклеиваются в подготовленное гнездо специальными клеевыми составами [3-5].

Монолитность соединения, достигаемая за счет заполнения пространства между шайбой и деревом клеем, который в последствии после полимеризации застывает, устраняет начальные деформации и повышает надежность всей конструкции, поскольку шайба в этом случае начинает работать не только на скалывание клеевого шва по поверхности, но и на смятие древесины по её торцу.

Метод соединения деревянных элементов полносборных быстровозводимых зданий с помощью вклеенных шайб характеризуется увеличенной площадью передачи усилий, что также приводит к повышению несущей способности узла и устранению распора в шайбах, присущего соединениям, например, на шпонках. Одним из важных преимуществ применения вклеенных шайб в сравнении с зубчатыми пластинами или шпонками, является ремонтопригодность как отдельного узла, так и конструкции целиком.

Вклеенные шайбы могут широко применяться в узлах несущих деревянных конструкций полносборных быстровозводимых зданий:

- балки и колонны;
- фермы;
- элементы каркасно-щитовых конструкций;
- массивные панели (CLT, NLT, DLT, GLT);
- элементы перекрытий и покрытий.

В современной практике строительства быстровозводимые здания имеют свои преимущества и недостатки в зависимости от типа конструкций, применяемых в строительстве. Основным преимуществом таких зданий является универсальность, точность, экологичность, сравнительно небольшой вес, а также, скорость возведения, которая не зависит от времени года.

Таким образом, полносборные быстровозводимые здания из деревянных конструкций представляют собой инновационное и экономичное решение для строительной отрасли и требуют

дополнительного исследования, особенно на территории России, поскольку спрос на устойчивые и эффективные строительные решения продолжает расти. Возможность применения вклеенных шайб в соединениях несущих деревянных конструкций полносборных быстровозводимых зданий является эффективным решением, которое позволяет повысить прочность, надежность и долговечность конструкций, а также, скорость сборки и сборно-разборность такого соединения.

Список литературы

1. *Леонович О.К., Короб А.Ю. Перспективные направления в строительстве деревянных малоэтажных зданий // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 1 (252). С. 188-198.*
2. *Сергеева, В. А. Особенности эффективного проектирования и строительства полносборных зданий из деревянных конструкций / В. А. Сергеева. – Текст: непосредственный // Технические науки: теория и практика: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, ноябрь 2018 г.). – Казань: Молодой ученый, 2018. – С. 44-49. – URL: https://moluch.ru/conf/tech/archive/312/14643/ (дата обращения: 29.04.2024).*
3. *Вдовин, В.М. Вклеенные металлические шайбы в соединениях деревянных конструкций: монография / В.М. Вдовин, М.В. Арискин, Д.Д. Дудорова. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 184 с.*
4. *Мартышкин, Д.О. Несущая способность соединений деревянных конструкций с вклеенными стеклопластиковыми шайбами различной толщины / Д.О. Мартышкин, М.В. Арискин // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – №1(54). – С. 108-114.*
5. *Ванин И.В., Арискин М.В. Соединение деревянных конструкций с применением вклеенных стальных шайб с внутренней резьбой. Вестник НИЦ «Строительство». 2022;35(4):30-39.*

УДК 621.9.048.3

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

***Обшивалкин Михаил Юрьевич**, доц., канд техн. наук, декан машиностроительного факультета*

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск

***Блохин Леонид Геннадьевич**, студент автомобильно-дорожного института*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Рассмотрены преимущества и недостатки современных систем очистки смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке деталей. Отмечается, что соотношение частиц различных размеров не соответствует реальному распределению частиц по размерам в жидкости, в связи с чем значительные трудности представляет определение класса чистоты. Рассмотрены мероприятия по снижению влияния на смазочно-охлаждающих жидкостей внешних воздействий.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость, система очистки, примеси, загрязненность, класс чистоты.

Современные системы применения (СП) смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) полного состава включают следующие основные подсистемы: приготовления и аккумуляции СОЖ; транспортирования СОЖ к станкам; активации СОЖ; подачи СОЖ в зону обработки; сбора загрязненной СОЖ от станков; очистки СОЖ от механических и жидкостных примесей; диагностики СОЖ и управления ее составом; аккумуляции, обеззараживания, разложения и утилизации отработанной СОЖ. В любом случае, даже упрощенные системы применения СОЖ содержат подсистемы ее очистки, причем эти последние являются наиболее сложными по конструкции, материало- и энергоемкими по сравнению с другими системами.

Большинство систем применения СОЖ, разработанных в прошлом веке, как групповые и централизованные, так и индивидуальные, имеют в своем составе многоступенчатые подсистемы очистки СОЖ и отдельные устройства подачи СОЖ на металлорежущих станках. Такие СП можно квалифицировать как системы очистки.

Простая одноступенчатая система очистки СОЖ имеет элементный состав, показанный на рис. 1 [1].

На выбор способа очистки СОЖ от механических примесей и устройства очистки (очистителя) влияют следующие основные факторы: вид обработки заготовки резанием; материал обрабатываемой заготовки; режимы

резания; требования к качеству обработанной детали или заготовки (точность геометрической формы, волнистость, шероховатость, качество поверхностного слоя и др.); состав и расход СОЖ; условия эксплуатации СОЖ; санитарно-гигиенические требования и др. Гранулометрический состав механических примесей зависит от сочетания перечисленных факторов.

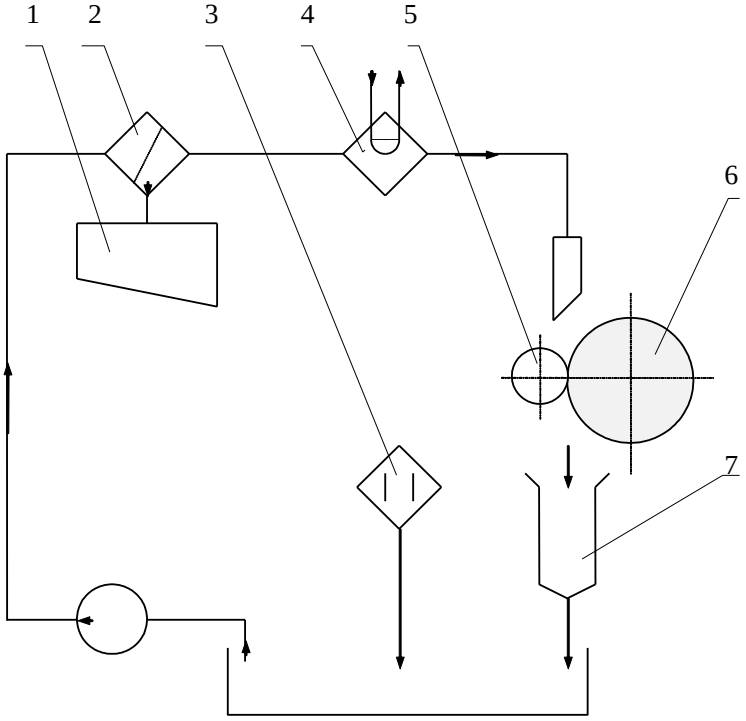


Рисунок 1. Состав типовой одноступенчатой системы очистки СОЖ: 1 – устройство обезвоживания шлама; 2 – очиститель; 3 – устройство дозированного пополнения компонентов СОЖ; 4 – устройство термостабилизации; 5 – обрабатываемая заготовка; 6 – инструмент; 7 – устройство отделения горячей стружки от СОЖ

Известны различные способы и техника очистки СОЖ от механических примесей (рис. 2, табл. 1). Перечисленные в табл. 1 устройства очистки обеспечивают, естественно, различные степень и тонкость очистки СОЖ, оказывая тем самым влияние на производительность и качество обработки заготовок.

В настоящее время, особенно в условиях массового и крупносерийного производства, на одной технологической линии производят обработку заготовок резцами, фрезами, зенкерами, развертками и другими лезвийными инструментами, а также абразивными инструментами, как правило, в присутствии СОЖ. Обслуживается такая технологическая линия часто групповой (ГСО) или централизованной системой очистки (ЦСО) СОЖ, в которых проще и экономичнее решаются вопросы очистки СОЖ по сравнению с индивидуальными системами (ИСО).

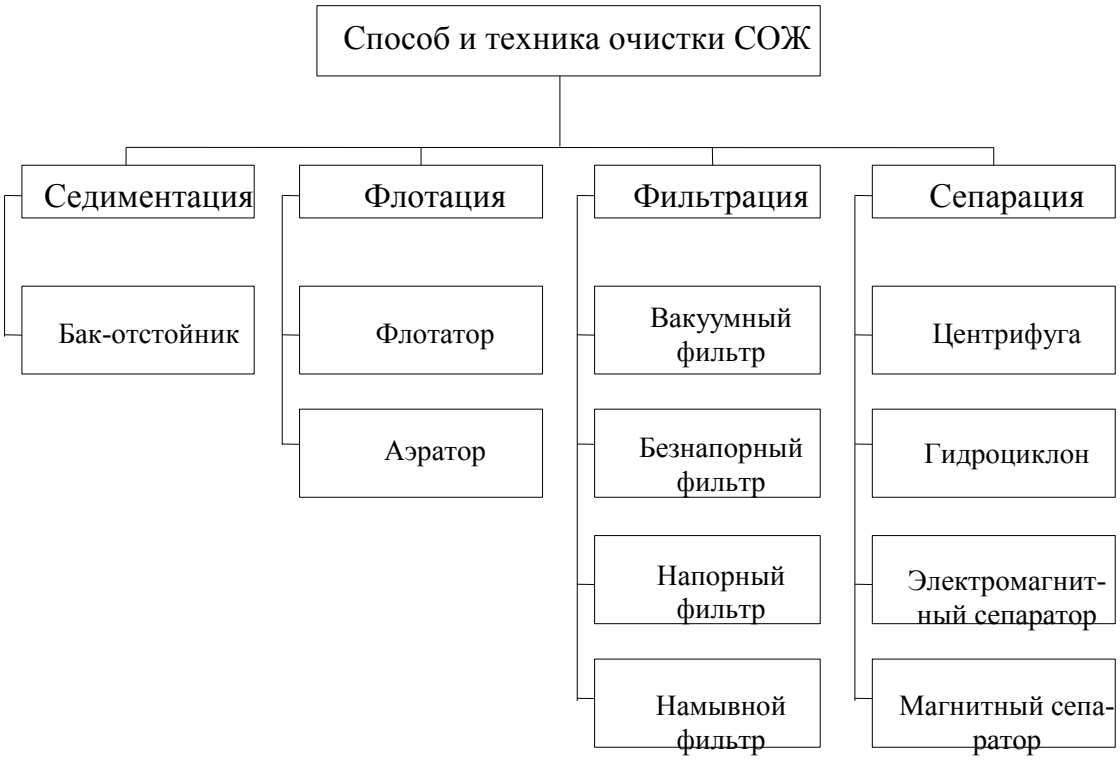


Рисунок 2. Способы и техника очистки СОЖ от механических примесей

Роль системы (подсистемы) очистки при этом резко возрастает, так как в этих случаях приходится очищать СОЖ от резко различных по размерам, физико-механическим свойствам и гранулометрическому составу механических примесей, что неизбежно усложняет технологию очистки, требует применения многоступенчатых комбинаций различных очистителей для надежности обеспечения требуемой чистоты СОЖ.

Вопросы проектирования, выбора и компоновки систем очистки СОЖ решаются различными методами. часто проектирование систем очистки СОЖ сводится, в основном, к выбору очистителей, насосов, трубопроводов, емкостей и определению их конструктивных параметров. Изложены общие принципы разработки и выбора техники очистки СОЖ, заключающиеся в распределении очистителей по группам в зависимости от типа производства, номенклатуры изготавливаемых деталей и составов СОЖ, экономических требований. Главной задачей при этом является выбор основных показателей технической характеристики системы: производительности, объема циркулирующей в системе СОЖ, сечения трубопроводов, мощности насосов, емкости резервуаров, числа фильтров и т.п. Эти показатели оценивают, как правило, по эмпирическим данным. Основным критерием выбора устройств и компоновки систем очистки являются заданные параметры шероховатости обработанных поверхностей, которые непосредственно связаны с размерами и содержанием в СОЖ механических примесей.

Таблица 1

Преимущества и недостатки устройств очистки СОЖ

Устройство очистки	Преимущества	Недостатки
Система аэрации	1. Совмещение с отстаиванием для удаления мелких и крупных частиц	1. Не удаляет крупные частицы 2. Не удаляет посторонние масла 3. Длительность процесса
Пеносниматель	1. Удаляется маслянная плёнка 2. Низкая стоимость	1. Не удаляет масло, растворенное в эмульсии 2. Не удаляет тонкодисперсные частицы
Центрифуга	1. Удаляет все масла и другие примеси	1. Высокая стоимость 2. Ограниченная производительность 3. Высокая энергоемкость
Безнапорный фильтр	1. Простота конструкции 2. Низкая стоимость 3. Улучшенная компонуемость	1. Высокие эксплуатационные расходы 2. Высокая стоимость фильтроматериалов
Гидроциклон	1. Автоматическое удаление шлама 2. Низкая стоимость 3. Небольшие габаритные размеры 4. Отсутствие подвижных деталей	1. Не удаляет масло 2. Большая энергоемкость 3. Засоряется при удалении больших частиц
Магнитный сепаратор	1. Простота конструкции 2. Низкая стоимость 3. Компактность	1. Не удаляет масло 2. Не удаляет частицы размером менее 30 мкм 3. Абразивные частицы необходимо направлять в отстойник
Напорный фильтр	1. Автоматическая смена фильтроматериала	1. Высокая стоимость фильтроматериалов 2. Относительно дорогостоящий 3. Удаление фильтроматериалов с осадком
Отстойник	1. Простая конструкция 2. Низкая стоимость 3. Немеханическая система	1. Медленный процесс 2. Не удаляются мелкие частицы 3. Значительные размеры в плане
Вакуумный фильтр	1. Удаляет мелкие частицы 2. Большая производительность	1. Высокая стоимость фильтроматериалов 2. Удаление фильтроматериалов с осадком 3. Возможно закупоривание фильтроматериала

Известна методика компоновки систем очистки водных СОЖ, в которой в качестве оптимизирующего параметра использован расход СОЖ

в системе. Расчет системы очистки сводится к определению характеристик гидроциклонов, фильтров, емкостей в зависимости от требуемых расходов СОЖ на операциях механической обработки.

Для выбора и компоновки очистителей в системы использованы значения исходной и остаточной загрязненности СОЖ механическими примесями, средний размер частиц и степень очистки. На основании модели, описывающей динамику изменения состояния СОЖ, определяют уровень загрязненности СОЖ механическими примесями в любой момент времени. Систему компонуют с учетом значений степени очистки каждой ступени системы и допускаемого содержания механических примесей, которое устанавливают по лимитирующей операции (линии или цеха) с учетом обеспечения требуемого качества обработанных деталей.

Допускаемая концентрация механических примесей определяется только по лимитирующей операции или по среднему значению, характерному для конкретного цеха или линии. Моделируют систему очистки СОЖ с различной вероятностью удаления механических примесей и различным распределением частиц шлифовального шлама по размерам.

Известен ГОСТ 17216 «Промышленная чистота. Классы чистоты жидкости», которым установлено 19 классов чистоты в зависимости от размеров частиц загрязнений, содержащихся в жидкости. Этот стандарт регламентирует максимально допустимое количество частиц загрязнений по интервалам их размеров, однако при исследовании загрязненности реальных жидкостей в различных размерных группах часто соответствует разным классам чистоты, причем эти расхождения могут составлять 5–6 классов. Выбор класса чистоты жидкости по наибольшему значению количества частиц в одной группе может не соответствовать классу чистоты жидкости по количеству частиц в других размерных группах, что в целом ведет к занижению эксплуатационных свойств жидкости.

Главный недостаток перечисленных норм чистоты заключается в том, что, пользуясь ими нельзя по номеру класса судить о степени чистоты жидкости, не имея дополнительных сведений о количестве загрязнений в каждом интервале размеров. Кроме того, соотношение частиц различных размеров в каждом классе не соответствует реальному распределению частиц по размерам в жидкости, в связи с чем значительные трудности представляет определение класса чистоты. Для упрощения процедуры определения класса чистоты жидкости было предложено представить распределение количества частиц загрязнений по интервалам размеров в каждом классе в виде математической зависимости. Зависимости, описывающие распределение частиц загрязнений по размерным интервалам, целесообразно выражать в виде модифицированной логарифмической функции. Это позволяет линеаризировать графики допустимого содержания частиц загрязнений различного размера для каждого класса, представив эти графики в координатах $\lg - \lg^2$.

Графическое изображение распределения в виде прямых линий позволяет выразить эти зависимости какой-либо геометрической характеристикой. Такие графики можно характеризовать углом наклона прямой к оси абсцисс и числом частиц, имеющих размер более 1 мкм (отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат), или размером частиц при их количестве, равном 1 (отрезок, отсекаемый прямой на оси абсцисс). По такому принципу построены нормы чистоты жидкостей фирмой Cincinatti (США). Преимущество использования математических зависимостей при разработке норм чистоты СОЖ несомненны, однако неадекватность выбранных при этом математических моделей и отсутствие четких границ их применимости приводит к тому, что действительные распределения частиц по размерам резко отличаются от теоретического закона.

В нормах чистоты для операций круглого наружного шлифования, разработанных в Ульяновском государственном техническом университете, определено массовое допустимое содержание механических примесей в определенных интервалах размеров частиц шлифовального шлама в зависимости требуемой шероховатости обработанной поверхности детали (или заготовки) по параметру R_a и степени точности формы. Эти нормы чистоты не учитывают среднее квадратическое отклонение размеров частиц σ, тогда как этот параметр чистоты СОЖ существенно влияет на шероховатость и точность формы обработанной поверхности не учитывается накопление механических примесей в СОЖ. Кроме того эти нормы предназначены только для обслуживания операций круглого наружного шлифования.

В основу современных технологий заложены мероприятия по снижению влияния на СОЖ внешних воздействий, такие как снижение напора в системе применения, водоподготовки воды, коррекции состава, оптимизация применяемого объема, удаление инородного масла и очистка от механических примесей, в том числе тонких, в установках малой производительности в точное время. Системное проведения подобных мероприятий обеспечит снижение затрат на мехобработку по статьям, связанным с применением СОЖ, снизит экологические риски процесса; позволит повысить качество продукции по параметрам шероховатости, остаточных напряжений и др. [2].

Список литературы

1. *Родионов, Ю.В. Повышение эффективности систем очистки смазочно-ожлаждающих жидкостей при механической обработке деталей: моногр. / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин. – Пенза:ПГУАС, 2015. – 168 с.*
2. *Булыжев, Е. М. Повышение срока эксплуатации синтетических и полусинтетических смазочно-охлаждающих жидкостей в централизованных системах применения при механической обработке заготовок деталей / Е. М. Булыжев, Л. В. Худобин, Ю. Б. Алякин // Системы. Методы. Технологии. – 2023. – № 4(60). – С. 19-26. – DOI 10.18324/2077-5415-2023-4-19-26. – EDN BQSEQW.*

УДК 00.004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

***Осипенко Светлана Александровна**, доц., канд. пед. наук, доцент кафедры гуманитарных и естественно-научных дисциплин*
***Серазетдинов Рустам Анатольевич**, студент*

Троицкий филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Челябинский государственный университет», Троицк

В статье рассмотрена возможность интеграции информационных технологий в естественные науки, на примере дисциплины «Геометрия».

Ключевые слова: информационные технологии, Python, метод инвариантов, кривые второго порядка, ортогональные преобразования.

Естественные науки на сегодняшний день имеют прикладной характер, так как в фундаментальные знания их интегрируются в другие науки, так например, применение информационных технологий в рамках естественных наук помогает визуализировать процесс решения или определить более точный расчет тех или иных показателей.

Целью исследования стало применение информационных технологий в курсе «Геометрия», изучаемого студентами первого курса, обучающихся по направлению подготовки «Фундаментальная информатика и информационные технологии» классического университета.

Федеральным стандартом высшего образования направления подготовки «Фундаментальная информатика и информационные технологии» закреплены компетенции, направленные на приобретение практического опыта в профессиональной сфере, например, ОПК-2 (способен применять компьютерные/суперкомпьютерные методы, современное программное обеспечение, в том числе отечественного происхождения, для решения задач профессиональной деятельности) [1].

В студенческом возрасте приобретаются трудовые умения и навыки, от которых зависит их профессиональная деятельность и опыт. Для того чтобы стимулировать развитие у студентов соответствующих умений, к ним чаще нужно обращаться за помощью в выполнение тех или иных работ, направленных на укрепления веры в профессии [2].

Совместный проект это один из лучших способов стимулирования работы студентов над приобретением профессиональных навыков.

Рассмотрим тему «Приведение кривых второго порядка к каноническому виду» на предмет возможности применения информационных технологий.

Среди существующих методов раскрытия темы был выбран для реализации метод ортогональных инвариантов. Анализ интернет пространства позволил нам заключить, что имеющиеся программные продукты на онлай-платформах не в полном объеме могут продемонстрировать студентам решение задачи.

Для написания программы был использован язык программирования Python, так как он прост в использовании, понятный синтаксис, большое количество библиотек, помогающих в разработке. В коде были использованы следующие библиотеки:

1. Tkinter, так как обладает хорошим набором компонентов, позволяющий гибко и удобно их использовать для реализации идей, а также компоненты имеют множество разнообразных настроек, что позволяет очень удобно и почти, как угодно, персонализировать графический интерфейс
2. Matplotlib, так как позволяет легко визуализировать информацию, в нашем случае графики кривых второго порядка и может работать с кодировкой LaTeX, что позволит красиво визуализировать канонические уравнения кривых второго порядка
3. Numpy, так как позволяет удобно работать с матрицами и операциями над ними, например такими как определитель матрицы, эта операция нужна для вычисления инвариантов кривых второго порядка.
4. Sympy, так как позволяет быстро и легко решать системы линейных алгебраических уравнений, что необходимо для классификации кривых на центральные и нецентральные, и соответственно у центральных линий находить их центр [3].

Приведем пример, показывающий реализацию программы. При запуске программы появляется окно для ввода коэффициентов общего вида многочлена второго порядка (рис.1)

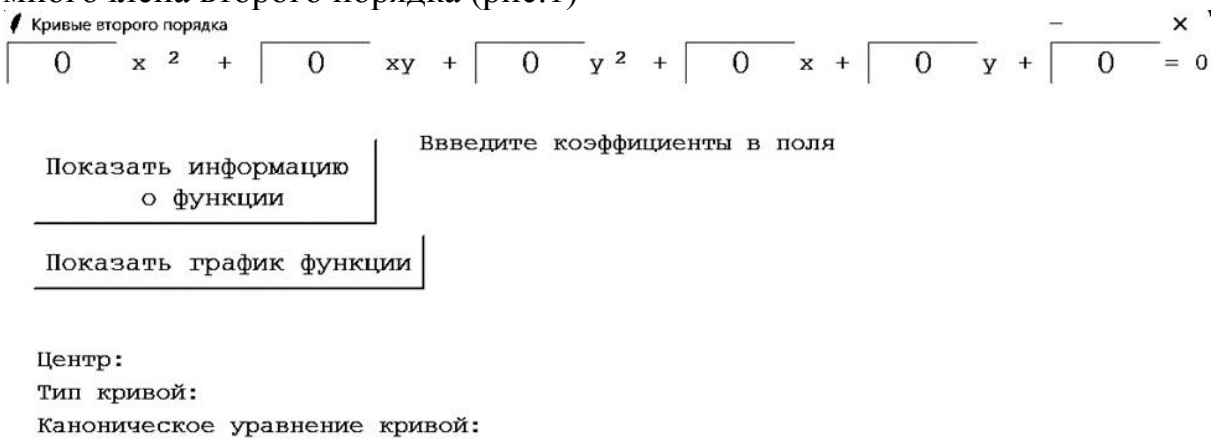


Рисунок 1. Интерфейс программы

После ввода коэффициентов уравнения (1)

$$25x^2 - 14xy + 25y^2 + 64x - 64y - 224 = 0 \qquad (1)$$

и нажатия на кнопку «получить информацию о функции» пользователь на экране увидит следующие окно с выводом решения, полученного методом ортогональных инвариантов (рис. 2).

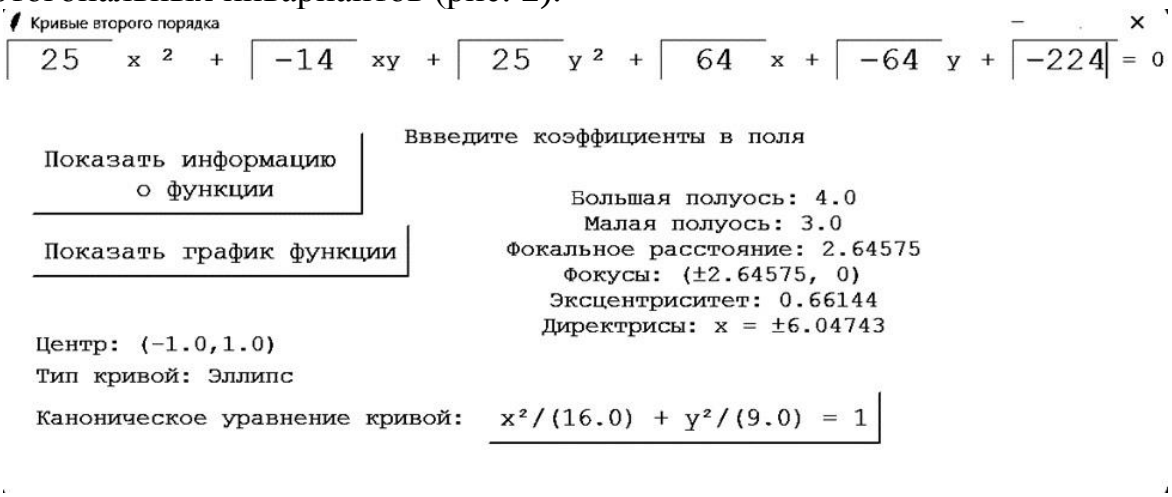


Рисунок 2. Окно вывода решения

Для отображения графика полученной кривой предусмотрена кнопка «Показать график функции», после чего пользователь получит изображение канонического вида кривой второго порядка (рис. 3).

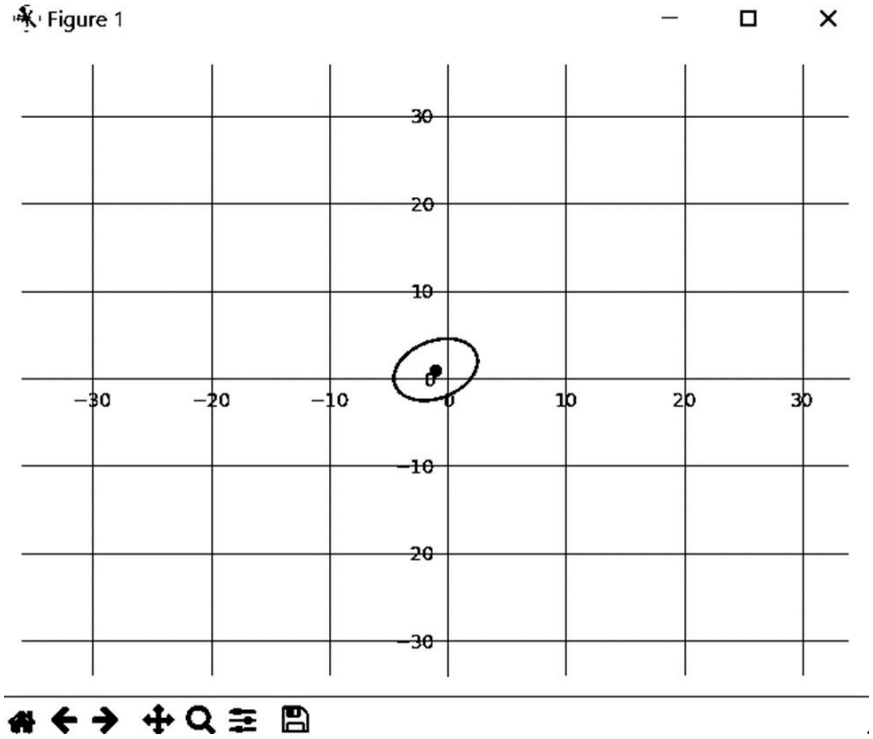


Рисунок 3. График кривой второго порядка

В случае если сначала была нажата кнопка «Показать график функции», а не «Показать информацию о функции», то вся доступная информация по ней также отобразится после закрытия окна с графиком функции.

Полученные результаты были внедрены в образовательный процесс вуза как помощь студентам при проверке собственных решений во время

выполнения домашних индивидуальных заданий. В электронной образовательной среда вуза http://tfmoodle.csu.ru/ в рамках изучения дисциплины «Геометрия» студенты могут ознакомиться с предлагаемым программным продуктом и оценить свои возможности в решении профессиональных задач.

Список литературы

1. *https://fgosvo.ru/fgosvo/index/24/29 (дата обращения: 20.04.2024).*
2. *Немов, Р. С. Психология : учебник : в 3 книгах / Р. С. Немов. – 4-е изд. – Москва : Владос, 2020. – Книга 2. Психология образования. – 609 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702724 (дата обращения: 20.04.2024). – ISBN 978-5-907013-96-4 (Кн. 2). – ISBN 978-5-907013-95-7. – Текст : электронный.*
3. *Северенс, Ч. Введение в программирование на Python / Ч. Северенс. – 2-е изд., испр. – Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 231 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429184 (дата обращения: 10.04.2024). – Текст : электронный.*

УДК 69.059.3

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСИЛЕНИИ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Овчинников Кирилл Алексеевич**, аспирант кафедры «Строительные конструкции»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассмотрены российские исследования в области усиления деревянных конструкций полимерными материалами. Представлены данные об основных применяемых композитах и их свойствах. Рассмотрены основные преимущества усиления полимерами по сравнению с традиционными методами. Представлен краткий обзор теоретических и экспериментальных данных существующих в России в настоящее время. Сделан вывод о состояние изученности вопроса усиления деревянных конструкций полимерами в нашей стране. Предложено дальнейшее направление развития данного вопроса.

Ключевые слова: деревянные конструкции, полимерные материалы, усиление, композиты, внешнее армирование, углеволокно.

Применение полимерных материалов, армированных волокном в целях усиления строительных конструкций доказало свою эффективность и получило широкое распространение во всем мире. В России разработан свод правил по усилению железобетонных конструкций с применением композитных материалов согласно СП 164.1325800.2014. Но вопрос подобного усиления элементов деревянных конструкций раскрыт недостаточно и до сих пор не существует методик расчета и рекомендаций по проектированию. Для формирования научной базы необходимо достаточное количество экспериментальных и теоретических данных. С целью оценки изученности вопроса усиления полимерными материалами деревянных конструкций в России выполнен краткий обзор существующих исследований.

Концепция, основанная на использовании волокнистых композитов из углерода, арамида, стекла и базальта для армирования деревянных элементов мало чем отличается от традиционных методов усиления конструкций. Лента, ламель, ткань приклеивается к поверхности с помощью клея, чаще всего на эпоксидной основе. Или вклеивается в предварительно заготовленный паз в продольном направлении. Что соответственно называется внешним и внутренним армированием.

Композитные материалы обладает следующими преимущества по сравнению с традиционными способами усиления деревянных элементов (например, стальные арматурные стержни или накладки из пластин):

- высокая прочность и жесткость при незначительной плотности. В таблице представлены сравнительные характеристики композитных материалов и стали (таблица 1);
- простой монтаж позволяет выполнять производство работ по усилению непосредственно на строительной площадке;
- коррозийная стойкость дает возможность использовать композиты в зданиях с агрессивной средой (в отличие от стали);
- небольшая плотность, следствием чего является незначительное увеличение нагрузок на существующие фундаменты;
- полимеры относятся к безмагнитным радиопрозрачным материалам, что позволяет применять их при реставрации объектов культурного наследия, ведь использование композитов также оказывает минимальное влияние на внешний вид существующих архитектурных памятников.

Таблица 1

Характеристики полимерных материалов, армированных волокном

Полимерный материал	Плотность, кг/м^3	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Удлинение на разрыв волокна, %
Углеродная лента CARBONWRAP® TAPE 530/300	1760	4500	230	1,5
Однонаправленная ткань из стекловолокна MapeWrap G UNI-AX 900/30	1890	2560	80,7	4,0
Сетка из базальтового волокна MapeGrid B 400	2670	3100	89	3,5
Сталь С345 ГОСТ 27772-2021	7860	490	210	21,0

Применение полимерных материалов при усиление существующих элементов деревянных конструкций показало свою наибольшую эффективность в работе балок на изгиб. В России неоднократно проводились испытания по усилению в виде внутреннего или наружного армирования композитами растянутой и сжатой зонах.

В 2012 году в [1] рассмотрен вопрос усиления существующих деревянных конструкций композитными материалами, в частности стекловолокном, с включением дополнительно углеродных нанотрубок. Была проведена серия опытов балок на изгиб с усилением стеклотканью в 2 и 4 слоя без включения нанотрубок и с ними. Предложенный способ усиления обеспечивает увеличение прочности на 34-56%, уменьшение прогибов на 24-42% по сравнению с неусиленной балкой. В 2013 году было

опубликовано схожее исследование [2] по усилению деревянных балок при помощи стеклоткани и модификацией нанотрубками. По результатам испытания для образцов с усилением из стекловолокна в сжатой и растянутой зоне, было получено увеличение несущей способности на 35-40%, а жесткости на 24-42 % по сравнению с деревянным неусиленным элементом. При дополнительной модификации углеродными нанотрубками на основе эпоксидной смолы соответствующие параметры дополнительно возрастают на 25-32% и 22-27%. Полученные результаты подтверждают предыдущие экспериментальные данные.

Также в 2013 году были опубликованы исследования [3] по сравнению схем усиления деревянных балок лентой из углеволокна с постоянным количеством слоев по длине балки и переменным, с наибольшим в середине пролета. По результатам испытаний был сделан вывод, что незначительные потери в прочности и жесткости позволяют получить экономию материала усиления более 50%.

В 2018 году в [4] выполнены исследования по эффективности продольного армирования в изгибаемых балках. Балка была усилена ламелями из углепластика в растянутой и сжатой зоне. Дополнительно для повышения прочности на сдвиг в приопорной зоне действия максимальных касательных напряжений были установлены наклонные стержни из стеклопластика. Расчётная нагрузка, по сравнению с контрольной балкой, увеличилась на 33%, а прогибы уменьшились на 10%. Также в работе рассмотрено местное усиление углеродной тканью. С учетом, что дефект на 20% увеличивал деформативность балки, данный метод позволил восстановить изначальную жёсткость балки. Результаты эксперимента были подтверждены численными исследованиями и компьютерным моделированием.

В 2023 году в [5] рассмотрены деревянные балки, усиленные ламелями из углеродного волокна в растянутой зоне, с разным процентом армирования. В результате эксперимента было выявлено, что изменение процента армирования от 0.9% до 2.3% соответственно приводит к увеличению прочности от 28% до 45% по сравнению с неусиленными образцами.

Анализируя отечественный опыт исследования композитов для увеличение несущей способности деревянных элементов, можно сделать несколько выводов. Во-первых, все экспериментальные данные показывают эффективность данного метода. Во-вторых, все преимущества полимеров создают широкий спектр областей применения в строительстве, в том числе, при реставрации зданий с деревянными несущими элементами. В-третьих, существующих экспериментальных и теоретических данных недостаточно для формирования нормативной базы. Поэтому исследование этой темы является актуальным и требует большего внимания. Отдельно стоит заметить, что в России отсутствуют данные по усилению существующих

деревянных конструкций, в отличие от зарубежных исследований, где неоднократно проводилось работы по восстановлению или увеличению несущей способности с помощью композитов при реставрации.

Список литературы

1. *Шохин П.Б. Повышение эксплуатационной надежности деревокомпозитных балочных конструкций. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Архангельск, 2012. – 19 с.*
2. *Рощина С.И., Сергеев М.С., Лукина А.В., Лисятников М.С. Исследование деревокомпозитных конструкций с применением эпоксидных олигомеров модифицированных углеродными нанотрубками // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 2. – С. 189-192. – EDN PZGFML.*
3. *Лобов Д.М., Крицин А.В., Тихонов А.В. Особенности армирования деревянных элементов, усиленных углеродным волокном, при статическом изгибе // Известия КГАСУ. №2(24). Казань, КГАСУ, 2013. С.132-138.*
4. *Стоянова В.О. Прочность и деформативность изгибаемых деревянных элементов, усиленных полимерными композитами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2018. – 26 с.*
5. *Klyuev S. Lobov D. External Reinforcement of Wooden Beam Structures with Carbon Fiber Composite Materials; 2023; Construction of Unique Buildings and Structures; 109 Article No 10911. doi: 10.4123/CUBS.109.11.*

УДК 666.972.163

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЕ В ДЕКОРАТИВНЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ

***Родикова Елена Васильевна**, студент технологического факультета*
***Ерошкина Надежда Александровна**, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Коровкин Марк Олимпиевич**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД*
***Гаёва Татьяна Сергеевна**, студент технологического факультета*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Приведены результаты исследования влияния добавок микрокремнезема, метакаолина, белой сажи, а также двухкомпонентной добавки, включающей метакаолин и гипсовый камень на образование высолов на поверхности цветного бетона при циклическом насыщении водой и высушивании. Установлено что только введение в состав бетона микрокремнезема позволяет предотвратить возникновение высолов. Эффективность остальных исследованных добавок невелика.

Ключевые слова: цветной бетон, высолообразование, минеральная добавка, микрокремнезем, метакаолин, белая сажа.

Ухудшение цветовых характеристик цветных декоративных бетонов в результате образования высолов – одна из трудноустранимых проблем в производстве и применении этого вида бетона. Причиной высолообразования является перенос водными растворами из пор цементного камня на поверхность бетона растворимых соединений калия, натрия, кальция и магния [1], которые при высыхании бетона образуют белый налет. Микрокристаллы гидроксидов могут смываться атмосферными осадками, однако при циклическом насыщении и высушивании высолы появляются вновь, а при постепенной карбонизации этих соединений углекислым газом атмосферного воздуха на поверхности накапливаются малорастворимые соединения, которые значительно снижают интенсивность цвета цветного бетона или образуют белесые пятна и разводы (рисунок 1). Кроме того, отмечается [2], что перекристаллизация солей с изменением их объема может привести к изменению свойств строительных материалов вплоть до разрушения их структуры.

Для предотвращения высолообразования предлагается использовать минеральные добавки, которые способны связывать гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов в нерастворимые соединения. В качестве таких добавок используют микрокремнезем [2], метакаолин [3] и другие добавки пуццоланового типа. Эти добавки не только связывают известь и щелочные соединения, но и снижают проницаемость бетона в результате

заполнения его пор, что в свою очередь уменьшает интенсивность выноса высолообразующих веществ на поверхность бетона.

Рисунок 1. Высолы на поверхности ступеней из цветного бетона

Для исследования эффективности различных минеральных добавок с точки зрения снижения высолообразования были использованы мелкозернистые бетоны, составы которых указаны в таблице 1.

Таблица 1

Исследованные составы

Компонент смеси	Расход, кг/м^3								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
Цемент	730	706	682	714	698	714	698	706	682
Микрокварц	313	303	292	306	299	306	299	303	292
Микрокремнезем	-	31	62	-	-	-	-	-	-
Метакаолин	-	-	-	21	42	-	-	21	41
Белая сажа	-	-	-	-	-	21	42	-	-
Гипсовый камень	-	-	-	-	-	-	-	10	21

Для приготовления мелкозернистого бетона был использован белый цемент ПЦБ 1-500-ДО по ГОСТ 965-89 производства ООО «ЦЕМИКС», песок речной с модулем крупности 2,2 и кварц молотый пылевидный марки Б. В качестве минеральных добавок были исследованы микрокремнезем, метакаолин, белая сажа, а также двухкомпонентная добавка, включающая метакаолин и гипсовый камень. Кроме указных в таблице материалов во все составы вводился суперпластификатор Гиппер Термо тип 1 и красный пигмент в количестве 12 кг/м^3 и 31 кг/м^3, соответственно. Расход песка и воды составлял 1560 и 320 л/м^3, соответственно.

Из указанных в таблице 1 смесей в пластиковых формах изготавливались образцы с гладкой и рельефной поверхностью (рисунок 2), которые после 28 сут твердения в нормальных условиях подвергались циклическому насыщению и высушиванию в условиях лаборатории (рисунок 3).

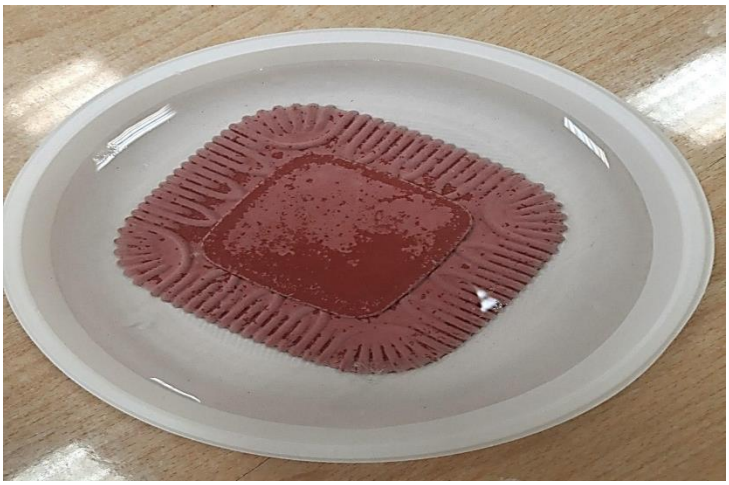


Рисунок 2. Насыщение водой образца из цветного мелкозернистого бетона

Рисунок 3. Схема определения высолообразования при циклическом насыщении и высушивании

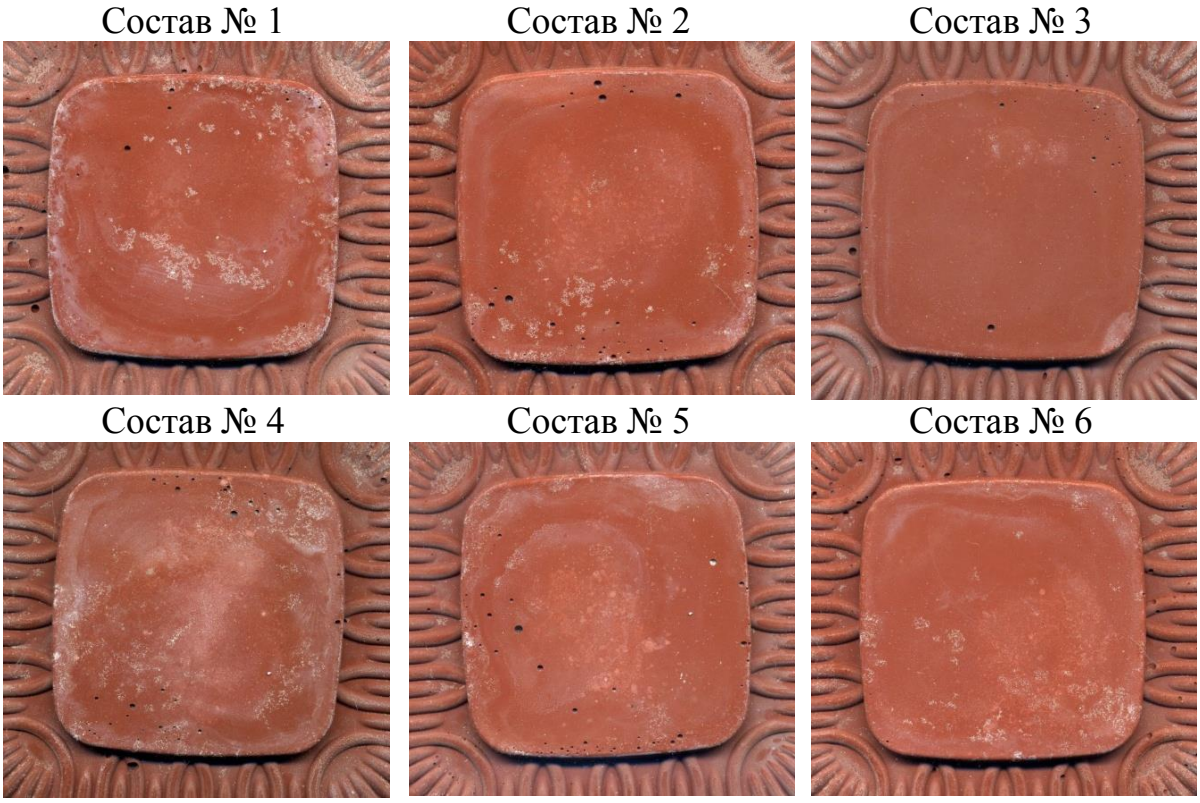


Рисунок 4 (начало). Образцы после 3-х циклов насыщения и высушивания

Состав № 7 Состав № 8 Состав № 9

Рисунок 4 (окончание). Образцы после 3-х циклов насыщения и высушивания

После высыхания образцов их поверхность сканировалась с помощью планшетного сканера с разрешением 600 dpi. Примеры полученных изображений приведены на рисунке 4.

После сканирования с поверхности образцов проточной водой смывался налет, после чего цикл испытания повторялся.

Для оценки интенсивности высолообразования определялось изменение цвета с помощью компьютерной программы. В качестве критерия изменения цвета был использован показатель светлоты.

Анализ высолообразования на поверхности образцов (см. рисунок 4) показал, что наиболее эффективной добавкой для его снижения является микрокремнезем. При увеличении дозировки этой добавки от 4,5 до 9 % от массы цемента в состав цветного бетона высолообразование на его поверхности почти отсутствует.

Другие исследованные добавки снижают высолообразование, но не настолько значительно, чтобы рекомендовать их для производства цветного бетона с целью сохранения цвета поверхности.

Проведенные исследования минеральных добавок показали, что для предотвращения образования высолов на поверхности цветного бетона может быть рекомендована добавка микрокремнезема. Метакаолин, белая сажа и двухкомпонентная добавка на основе метакаолина и гипсового камня снижают высолообразование, но не настолько чтобы использовать их для предотвращения изменения цвета поверхности цветного бетона.

Список литературы

1. *Степанова, В. Ф. Причины образования высолов на поверхности строительных конструкций / В. Ф. Степанова, Н. К. Розенталь, Г. В. Чехний // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2000. – № 3(14). – С. 30-31.*
2. *Роль микрокремнезема в структурообразовании цементной матрицы и формировании высолов в вибропрессованных изделиях / А. И. Политаева, Н. И. Елисеева, Г. И. Яковлев [и др.] // Строительные материалы. – 2015. – № 2. – С. 49-55.*
3. *Luo, Y. Study on the efflorescence behavior of concrete by adding metakaolin / Y. Luo, X Gao, D Wang, Y Liu, Q Zhang, J Li, Z Tian, G Xue //Journal of Building Engineering. – 2024. – Vol. 83. – P. 108396.*

УДК 629.33.083.4:620.111.3

ЛОГИКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Родионов Юрий Владимирович, *проф., д-р техн. наук, декан автомобильно-дорожного института*
Рейн Сергей Владимирович, *аспирант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Процесс диагностирования автомобилей и их составных частей рассматривается с логической точки зрения, позволяющей в доступной форме приступить к разработке систем диагностики различных узлов и агрегатов. Заключение о состоянии автомобиля определяется путем логического вывода из других утверждений. Представлены преимущества методов акустической диагностики.

Ключевые слова: логика, диагностика, автомобиль, диагностический параметр, датчик, сигнал.

Невозможно выработать правила, которыми человек должен руководствоваться во всех случаях жизни. Очень сложна и многообразна жизнь и слишком большую роль в деятельности человека играют эмоции, интуиция и другие, не поддающиеся формализации факторы. Даже в такой ограниченной сфере действия, как постановка диагноза автомобилю, человек полагается не столько на четкие предписания, сколько на настроение, догадку и предшествующий опыт.

Чтобы устранить субъективизм в диагностике и повысить его эффективность, нужно возложить выполнение этой операции на чувствительные и беспристрастные приборы. Любое диагностическое устройство представляет собой металлический ящик, заполненный проводами транзисторами, конденсаторами и другими радиодеталями. Эмоции, интуиция, догадка и другие характерные для человека мотивы поведения совершенно чужды этому устройству. Оно может действовать согласно строгим и подробным предписаниям, которые заранее вложил в него человек.

Программа действий, т.е. точное предписание об определенном порядке выполнения операций при решении задачи, называется алгоритмом.

Процесс диагностирования автомобиля тесно связан с процессом рассуждения о симптомах и неисправностях. Заключение о его состоянии получается путем логического вывода из других утверждений. Этот процесс не всегда протекает гладко, часто встречаются довольно запутанные ситуации. Для формализации процесса рассуждений и сведения его к последовательности стандартных операций, которые может осуществить не только человек, но и автоматическое устройство, полезно использовать математическую логику.

Логика – это наука, которая разрабатывает правила построения одних утверждений из других. Она изучает формы и законы рассуждений. О существовании таких законов знали ещё в древнем мире. Строгую систему логики, которую используют и поныне, разработал древнегреческий философ Аристотель.

Правила логики очень похожи на правила арифметики. И действительно, английскому математику Джону Булю удалось разработать своеобразную алгебру, которую позднее назвали математической логикой, или исчислением высказываний. Она выражает логические правила математическими формулами. В современных условиях математическая логика развилась в обширную науку. Это связано с тем, что она необходима для проектирования и совершенствования электронных вычислительных машин различного назначения.

С точки зрения логики процесс диагностического рассуждения включает в себя два вида утверждений: высказывания о наличии симптомов и заключение о состоянии автомобиля. Эти утверждения могут быть истинными или ложными. Истинные утверждения будем обозначать через 1, а ложные – 0. Сами высказывания обозначим буквами, как это делается в алгебре по отношению к числам.

Высказывания о наличии определенных симптомов у обследуемого автомобиля обозначим буквами $x, y, z, \ldots$, а утверждения о том или ином его состоянии – $w_1, w_2 \ldots w_n$. Таким образом, переменные величины $x, y, z, \ldots$, и $w_1, w_2 \ldots w_n$ могут принимать только два значения: 0, когда обозначенное ими высказывание ложно, и 1, когда оно истинно. Утверждение о том, что автомобиль находится в некотором исходном состоянии w_i является функцией высказываний о наблюдающихся симптомах.

$$W = f(x, y, z, \ldots) \qquad (1)$$

Теперь расскажем о том, как строятся и вычисляются функции указанного вида. Здесь имеется большое сходство с обычной алгеброй. Алгебраические формулы включают в себя несколько стандартных действий над аргументами: сложение, умножение, извлечение корня, возведение в степень и т.д. Логические формулы также обозначают некоторую последовательность элементарных действий, поэтому прежде всего познакомимся с ними.

Логическое сложение (дезъюнкция) двух высказываний. Эта операция обозначается так: $x \vee y = w$.

Таблица для её вычисления напоминает таблицу умножения:

$0 \vee 0 = 0$

$1 \vee 0 = 1$

$0 \vee 1 = 1$

$1 \vee 1 = 1$

Сложное утверждение, имеющее форму логического сложения, ложно только в том случае, если ложны оба составляющие его высказывания.

Если обозначить x – высказывание «выпускной дым дизеля автомобиля синего цвета», y – «данный автомобиль перерасходует моторное масло», w – «большой износ маслосъемных колец», то утверждение: $x \vee y = w$ можно прочитать следующим образом: «если выпускной дым синего цвета или автомобиль перерасходует моторное масло, то это означает, что у него изношены маслосъемные кольца».

Логическое умножение (конъюнкция) – это такое сложное утверждение, которое истинно только в одном случае, если истинны оба образующие его высказывания. Логическое умножение обозначается так:

$x \wedge y = w$ и имеет следующую таблицу истинности:

$0 \wedge 0 = 0$

$1 \wedge 0 = 0$

$0 \wedge 1 = 0$

$1 \wedge 1 = 1$

Логическим умножением будет, например, такое утверждение: у дизеля автомобиля поздний впрыск топлива, если он не развивает необходимых оборотов коленчатого вала и выпускной дым черного цвета.

Существует ещё несколько логических операций, используемых при построении сложных логических функций, но мы вспомним об одной, которая часто применяется при разработке логики диагностических приборов – это несовпадение высказываний.

При разработке системы диагностики какого-либо механизма автомобиля каждое из его возможных состояний w представляется как логическую функцию симптомов и сводят эти функции в таблицу соответствия. Каждая строчка таблицы соответствует определенному состоянию машины, а столбец – симптому. На пересечении строки и столбца ставится 1, если данный симптом соответствует состоянию, в противном случае ставится 0. Каждая строка представляет собой число, записанное в двоичной системе, которое можно считать шифром данного состояния.

При составлении таблицы могут встретиться такие случаи: 1) каждому состоянию соответствует своя, отличная от других комбинация нулей и единиц; 2) в двух или более строках встречаются одинаковые комбинации; 3) в одном или нескольких столбцах стоят только 1 или 0. Первый случай соответствует правильно сформулированной задаче диагностики, когда система симптомов однозначно описывает каждое возможное состояние автомобиля. Во втором случае набор симптомов недостаточен, и однозначное опознание каждого состояния невозможно. В третьем случае некоторые симптомы не меняются при изменении состояния автомобиля, т.е. они не содержат никакой диагностической информации, и их нужно исключить из перечня симптомов.

Логические операции легко могут быть реализованы с помощью электрических и электронных схем. Электронные вычислительные машины

и представляю собой систему элементов, каждый из которых может выполнять одно из логических действий.

Анализ показывает, что неудачи, часто постигающие изобретателей новых диагностических приборов, объясняются пренебрежением законов информации. Поэтому естественно возникает вопрос: при каких условиях разрешима задача диагноза? Этот же вопрос можно задать несколько иначе: каким условия должен удовлетворять диагностический сигнал, чтобы, получив его, можно однозначно оценить состояние механизма? Исчерпывающий ответ на вопрос об условиях разрешимости диагностической задачи требует привлечения математического аппарата. Однако можно ограничиться рассмотрением лишь одного условия: если состояние автомобиля определяется несколькими параметрами n, то его диагностирование возможно лишь в том случае, если число независимых параметров m в диагностическом сигнале не меньше n.

В большинстве случаев n равно числу кинематических пар механизма, так как значение их состояния позволяет принять обоснованное решение о необходимости ремонта, регулировок и других операций по обслуживанию механизма. так, для диагностирования механической коробки передач нужно определить значение около 30 параметров состояния её элементов, а для дизеля и того больше. Поэтому шумомер, обеспечивающий измерение только одного параметра, не может помочь при диагностировании таких сложных устройств. Для получения нужного числа параметров необходимо установить на автомобиль нужное число датчиков. Каждый датчик, как и шумомер, доставляет всего одно число, характеризующее состояние машины. Но поскольку датчиков много, то снятые с них показания позволят составить довольно полное представление о состоянии автомобиля.

Методы акустической диагностики обладают рядом преимуществ перед другими методами. Во-первых, они позволяют получить наиболее полные сведения о состоянии автомобиля. Акустический сигнал порождается силовыми взаимодействиями деталей. Но скорость их износа и разрушения также определяется этими взаимодействиями. Таким образом, акустический сигнал механизма и его разрушение – два параллельно протекающих процесса, вызванные одной и той же причиной. Заботясь о диагностике, мы прежде всего стремимся овладеть способом оценки скорости износа и разрушения деталей, чтобы иметь возможность предсказывать аварии и назначать машине тот ремонт и обслуживание, в котором она нуждается в данный момент. Следовательно, поняв, о чем шумит механизм, мы можем получить сведения о его состоянии из «первых рук». Такую информацию о состоянии деталей, которая содержится в акустическом сигнале, нельзя получить, даже если разобрать машину на части и измерить каждую деталь. Свойства деталей наиболее полно проявляются в процессе их взаимодействия, а о детали, изъятой из механизма, не всегда можно сказать с полной определенностью, насколько

она соответствует техническим требованиям. Машиностроителям и ремонтникам, например, давно известно, что работоспособность одного зубчатого колеса существенно зависит от успешного подбора другого колеса.

Малое количество используемых датчиков – второе преимущество акустической диагностики. Акустический сигнал отличается большой информационной емкостью, поэтому он один способен доставлять информацию о состоянии всех кинематических пар механизма.

И, наконец, третье преимущество акустической диагностики – быстродействие приборов.

В основе теории акустической диагностики лежит почти тривиальная идея о представлении механизма в виде многоканальной системы связи. На её входе кинематические пары генерируют сигналы, которые в форме упругих волн приходят к датчику колебаний

Повысить надежность автомобилей можно путем применения бортовых систем контроля и предупреждения возникновения отказов различных групп сложности [1]. Так же можно снизить затраты на обслуживание и ремонт, которые являются одним из важнейших эксплуатационных показателей любой технической системы. В современных средствах контроля и диагностики, по крайней мере в современных двигателях, основным видом мониторинга являются сенсоры и датчики, активно вытесняя многие другие внешние методы [2].

Список литературы

1. *Лянденбурский, В.В., Родионов, Ю.В., Долганов И.Е. Макетный образец встроенной системы диагностирования автомобилей // Автотранспортное предприятие. – 2016. – №2. - -С. 43-46.*
2. *Метальникова, О.К., Мялькин, В.А. Исследование методов диагностики специальной техники // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. - 2023. № 5-6 (179-180). - С. 118-124.*

УДК 691.03; 07-01-03

СИМБИОЗ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И АРХИТЕКТУРЫ – ДВИЖУЩАЯ СИЛА ИННОВАЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Романенко Игорь Иванович, *доц., канд. техн. наук, зав. каф. механизации и автоматизации производства*
Петровнина Ирина Николаевна, *доц., канд. техн. наук, доцент каф. механизации и автоматизации производства*
Филинова Милана Игоревна*, студент инженерно-строительного института*
Гаврилина Злата Алексеевна, *студент инженерно-строительного института*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Одним из ключевых аспектов архитектурного материаловедения является понимание того, как различные компоненты здания взаимодействуют друг с другом в различных условиях окружающей среды. Исследователи изучают использование интеллектуальных материалов, реагирующих на изменения в окружающей среде в режиме реального времени. Поскольку технологические достижения продолжают расширять границы в области инноваций материалов, интеграция с архитектурным дизайном становится более сложной, чем когда-либо прежде.

Ключевые слова: материаловедение, архитектура, интеллектуальные материалы, 3D-печать зданий, самовосстанавливающий бетон.

Архитекторы для достижения выразительности и привлекательности своих работ все чаще опираются на широкое применение современных технологий и научных открытий в области материаловедения. Это позволяет добиться от архитектуры пространственных изменений образа городской среды за счет новых форм, размеров, цвета, ритма, применяемых материалов и экологичности умных городов [1].

Основная цель работы – раскрытие роли современного материаловедения в формировании архитектурой городской среды в результате создания различных пространственных эффектов.

Формирование предметно-пространственной среды опирается на шаблоны различных эпох, развития науки и социальные запросы. Так многообразие стилей и архитектурных форм в зданиях общественного, промышленного и гражданского назначения должно соответствовать практическим и высоко эстетическим требованиям, а также традициям, культуры и религиям народа населяющих городское пространство.

Современная архитектура России обладает рядом характерных стилей, отличающие ее от стилей других стран. Отличительной чертой является использование железобетонных конструкций заводского

производства по проектам 20 века, возведение жилья методом крупнопанельного домостроения. В тоже время бок об обок развивается строительство жилья по планировке открытого внутреннего пространства [2].

Рисунок 1. Жилой коиплекс Рисан, г. Пенза (фото Романенко И.И.)

Новое направление в архитектуре позволяет видеть внутреннее пространство и решение конструктива несущих конструкций. Архитектура таких сооружений характеризуется минимализмом, насыщенностью оконных проемов, массивных горизонтальных портиков, делящих на блоки общее пространство. Основные элементы фасадов играют яркими красками и порой даже носят ядовитые оттенки красного, желтого, зеленого и черного в паре с использованием металла, бетона, натурального камня и стекла.

Для строений 20 века наружные и внутренние несущие стены выполняли из кирпича, а перегородки из шлакоблоков и силикатного кирпича, в некоторых случаях из монолитного бетона. Строения были похоже друг на друга по всей стране и самое главное выглядели тяжелыми и не привлекательными. Причина – ограниченные возможности технологий и наличие материалов с недостаточными физико-механическими свойствами и эстетической выразительности.

В архитектуре материалы играют главную роль как в функциональности, так и в эстетике здания. Материалы позволяют визуально оценить несущую способность конструкций и психологически создать комфорт людям, находящимся внутри или рядом с сооружением. Так стальные конструкции, стекло и пластик позволяют сформировать элегантный и привлекательный вид современного сооружения, а древесина и натуральный камень придают зданию и другим постройкам теплоту, комфорт и надежность [3].

Используемые архитекторами современные материалы активно формируют энергоэффективность здания, а технологии, разработанные с использованием промышленных побочных продуктов и некондиционных материалов в выпуске отделочных материалов и стеновых блоков позволяют решить экологические проблемы. Такой подход к применению инновационных материалов архитекторами способствует снижению энергопотребления, но и помогает свести к минимуму выбросы углекислого газа, связанные со строительным производством.

Таким образом, архитектурное материаловедение обеспечивает выбор материалов, соответствующих функциональным требованиям и гармоничному формированию современного образа городской среды. Проводится архитекторами вариантное проектирование, основанное на эксплуатационных характеристиках и визуальных качествах, с целью создания логически раздробленного пространства на блоки и в тоже время связанные между собой логистикой связью и культурной общностью. По мере того, как мы переходим к более экологически ориентированным методам проектирования умных городов, понимание значения инновационных материалов будет по-прежнему иметь огромное значение для формирования нашей застроенной среды обитания для будущих поколений.

Материаловедение и архитектура находятся в симбиозе так как, архитектурное материаловедение можно рассматривать как междисциплинарную сферу или даже науку, объединяющая физику, химию, технологию, инженерию и архитектуру для представления и моделирования поведения новых материалов в сооружениях при определенных климатических условиях.

Так достижение в инженерии позволили разработать материал для печати зданий на промышленных 3D принтерах, достижение одной сферы является стимулом развития в другой. Разработка новых материалов с особыми свойствами позволила архитекторам проектировать и возводить здания, которые ранее невозможно было себе представить. Использование высокопрочного железобетона произвело революцию в современной архитектуре, позволив создавать более высокие сооружения с большей структурной целостностью, например, комплекс Москва-Сити [4].

В свою очередь, архитекторы играют важную роль в продвижении материаловедения. Их уникальные проекты и требования к экологичным, энергоэффективным и эстетически привлекательным зданиям подтолкнули ученых к разработке новых материалов, соответствующих этим критериям. Архитекторы внедряют инновации в материаловедении - от солнечных панелей, встроенных в фасады зданий и кровли, до самовосстанавливающегося бетона, который само восстанавливается при появлении трещин [5].

Рисунок 2. Многофункциональный комплекс Москва-Сити, г. Москва, Россия. (автор проекта Б.И. Тхора. https://moscow-city.guide/articles/arkhitektory-moskva-siti/)

Для широкого применения архитекторами технологии 3D-печать зданий материаловеды должны разработать бетоны для стен с быстрым отверждением и сохранением своей формы и заданными эксплуатационными свойствами. Эта технология революционизирует способы строительства зданий, позволяя архитекторам в цифровом виде проектировать и изготавливать сложные формы, которые ранее было трудно или невозможно достичь традиционными методами строительства. Это не только экономит время и финансовые средства, но и создает условия для применения экологически чистых методов строительства, поскольку в процессе строительства образуется меньше отходов. Бетон с 3D-печатью используется при создании стен сложной конструкции и даже целых сооружений.

Неподражаемую выразительность и цветовую гамму получают здания, построенные из стеновых блоков, армированных оптоволокном и уложенном в определенной форме. Такие здания становятся оптически прозрачными в темное время суток, когда в здании включают освещение [6].

Современные архитектурные сооружения должны отвечать требованиям экологичности. Архитектурное материаловедение ориентировано на использование экологически чистых материалов, которые не оказывают вредного воздействия на окружающую среду на протяжении всего своего жизненного цикла. Это включает в себя использование возобновляемых ресурсов, переработку материалов, снижение энергопотребления в процессе производства и минимизацию образования отходов.

Внедряя принципы устойчивого развития строительной индустрии на основах последних достижений ученых в области материаловедения, архитекторы могут создавать здания, которые не только эстетичны, но и экологичны и энергоэффективны. Такими материалами могут быть

изготовленные из модифицированной древесины характеризующие легкостью, прочностью, высоким теплоизоляционными свойствами и огнестойкостью. Из такой древесины строят дома и сооружения малоэтажной застройки, но и многоэтажные здания [7]. Это позволяет архитекторам создавать проекты, характеризующиеся уникальностью дизайнерского решения, сочетающих функциональность с художественным самовыражением. Здания и другие сооружения из инновационных материалов будут не только визуально привлекательными, но и безопасными и экологически безопасными сооружениями, которые вносят позитивный вклад в окружающую среду и создают неповторимый образ городской среды.

Рисунок 3. Офис автомобильного концерна BMW в г. Лейпциге, Германия с прозрачными стенами фасада (mila-hunguide.livejournal.com)

По мере того, как архитектура совершенствуется, одновременно развивается не только материаловедение, но и компьютерное проектирование на основе BIM- моделирования. Будущие тенденции в архитектурном материаловедении раздвигают границы дозволенного и переопределяют те ограничения, которые возможно невыполнимы сейчас при проектировании зданий. Одной из перспективных направлений является разработка интеллектуальных материалов, которые могут адаптироваться к постоянно меняющимся внешним и внутренним условиям среды обитания человека. Эти материалы могут реагировать на такие факторы, как температура, влажность и освещенность, изменяя свои свойства для повышения энергоэффективности и комфорта в зданиях. Примером может служить остекление оконных проемов которое активно реагирует на интенсивность их освещения естественным светом.

Уделяя все большее внимание сокращению выбросов углерода и минимизации отходов, материаловеды разработали без цементное вяжущее, а выбрасываемый углекислый газ в атмосферу при производстве портландцемента накаливают и применяют для ускоренной карбонизации мелкоштучных стеновых конструкций из стальшлака. Современное

архитектурное материаловедение сосредоточено на создании экологически чистых материалов без ущерба для долговечности и эстетическому образу. Это создает условия для нового качества жизни населения.

В дополнение к умным и экологичным материалам, достижения в области нанотехнологий способны привнести в проектирование высокопрочных конструкций нестандартные решения. Наноматериалы и конструкции на их основе обладают уникальными эксплуатационными свойствами благодаря своим небольшим размерам, что делает их невероятно универсальными для использования в строительстве. От самоочищающихся фасадов, которые отталкивают грязь и загрязняющие вещества, а также кровель без наледи и снега, до легких, но прочных конструктивных элементов, изготовленных из нанокомпозитов, эти ультрасовременные материалы обладают неограниченным потенциалом для повышения функциональности и эстетики зданий.

В целом, будущие тенденции в области архитектурного материаловедения обладают огромным резервом для создания более эффективных, устойчивых и визуально потрясающих конструкций, которые удовлетворяют нашим постоянно меняющимся потребностям и уровнем жизни. По мере того, как архитекторы продолжают изучать новые технологии и расширять границы с помощью инноваций в материалах, мы можем ожидать, что архитектура станет боле функциональной и с уникальным художественным самовыражением.

Современная архитектура - это архитектура сегодняшнего дня с переплетением достижений в методах и принципах проектирования, разработке новых материалов, различных течений в художественной передаче цветового колорита и света-тени. Архитекторы работают с разными стилями, начиная от архитектуры хай-тек и постмодернизма до выразительных и в высшей степени концептуальных стилей, в огромных или крошечных масштабах.

Архитектурные творения нашего времени создаются с учетом того, чтобы удивлять и быть замеченным. Например, небоскребы перестают быть прозрачными и менять цвет в разное время суток и в зависимости от освещенности или от влажности воздуха, что приводит к самосовершенствованию через применения новых технологий, тестирования уникальных строительных материалов, адаптацию и совершенствование современных и устаревших материалов и технологий, расширение границ применения искусственного интеллекта.

Роль материаловедения в формировании стилей будущего архитектуры трудно переоценить. Поскольку архитекторы, дизайнеры и конструкторы продолжают искать устойчивые и инновационные решения для густо застроенной городской среды, ученые -материаловеды находятся на переднем крае создания новых возможностей за сет разработки инновационных материалов с особыми свойствами, которые могут

повысить долговечность, энергоэффективность и эстетическую привлекательность зданий.

Более того, материаловедение открывает двери для архитектурного проектирования, которые когда-то были невообразимы. Новые композитные материалы позволяют создавать креативные фасады и конструкции, бросающие вызов традиционным формам и позволяющие архитекторам раздвигать границы, как никогда раньше. Все эти достижения не только приносят практическую пользу, но и способны трансформировать архитектурную эстетику и пересмотреть наше представление о том, каким может быть здание.

Список литературы

1. *Василенко П. Г., Василенко Е. В., Пружина Е. С. Особенности светового дизайна в современном городском планировании. Современные тенденции в изобразительном, декоративно-прикладном искусстве и дизайне, 2019 №1, с. 34-39.*
2. *Shojai, A., Mori, S. (2016) A review on Tehran's Residential Development, Developing Under Citywide Transitional Policy, Journal of Architecture and Planning,. 81 (721), pp.645-654.*
3. *Krunal L. 24th December, 2019 Advantages & Disadvantages of Glass as a Building Material https://gharpedia.com/blog/advantages-disadvantages-glass-building-material.*
4. *Moscow City Complex (2010). https://moscow-city.guide/articles/arkhitektory-moskva-siti.*
5. *Siddique, R., Singh, K., Singh, M., Corinaldesi, V., & Rajor, A. Properties of bacterial rice husk ash concrete. Construction and Building Materials, (2016). 121, 112-119*
6. *Югов А.М., Мусорина Т.А., Соколов Б.В., Агишев К.Н. Прозрачный бетон в строительстве зданий и сооружений //Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015, №11 (38), 1-14 с.*
7. *Михалева С.А. Деревянные высотки в России - инновационный взгляд на современное строительство // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №4-7(46), 19-21 с.*

УДК 625.731.87

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА АЭРОДРОМАХ

***Саксонова Елена Степановна**, ст. преподаватель кафедры «Геотехника и дорожное строительство»*
***Ефремов Андрей Сергеевич,** студент*
***Сафонов Сергей Владимирович,** студент*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассмотрена методика расчета прочности элементов системы водоотвода на аэродромах. Приведены основные факторы, которые могут оказывать влияние на прочность конструкций системы водоотвода: гидравлические нагрузки от стока воды, динамические нагрузки от движения транспортных средств и самолетов, а также климатические условия (в том числе замерзание и оттаивание) и возможные грунтовые деформации.

Ключевые слова: аэродром, водосточно-дренажная сеть, коллектор, прочность элементов системы водоотвода.

Система водоотвода на аэродромах играет ключевую роль в обеспечении безопасности полетов и поддержании нормальной эксплуатации взлетно-посадочных полос.

Улучшить состояние аэродромных покрытий, усилив их прочность, стабильность и срок службы, а также уменьшить периоды, когда взлёт невозможен, и обеспечить лучшие условия для использования взлётно-посадочных полос, возможно благодаря системе водоотвода и дренажа. Это помогает предотвратить переувлажнение грунта в основании покрытий и верхних слоёв лётного поля под воздействием поверхностных и грунтовых вод [3].

Система водоотвода включает в себя следующие элементы: собирающие, соединительные, транспортирующие и накопительные. Эти элементы могут быть как открытого, так и закрытого типа.

Организация водоотвода с территории лётного поля является ключевой задачей.

Существует четыре основных причины, по которым необходимо организовать эффективный водоотвод:

1. При наличии слоя воды на покрытии толщиной более 3 мм на высоких скоростях возникает эффект аквапланирования, что приводит к полной потере сцепления.
2. При температуре ниже нуля на покрытии образуется лёд.
3. Замерзание воды в трещинах покрытия приводит к его разрушению.

4. Переувлажнение грунта в основании снижает несущую способность покрытия.

В данной статье мы рассмотрим методику расчета прочности элементов системы водоотвода на аэродромах на примере аэропорта г. Пензы.

Водосточно-дренажная сеть аэропорта была сооружена в 1970 году, после чего не реконструировалась.

На существующей взлетно-посадочной полосе водосточно-дренажная сеть (ВДС) состоит из следующих элементов:

- коллектора, расположенного вдоль северо-восточной кромки ИВПП и предназначенного для сбора воды поступающей из дрен;
- пяти коллекторов расположенных вдоль юго-западной кромки ИВПП, собирающих поверхностную воду из грунтового лотка;
- нагорной канавы, обеспечивающей перехват и отвод поверхностных сточных вод, поступающих к ИВПП с юго-западной стороны.

Водоотвод с искусственных покрытий с северной стороны ИВПП, запроектирован с закрытыми лотками в кромках ИВПП и устройством в них, для перепусков воды, пескоуловителей, закромочным дренажем и коллектором с прямоугольными монолитными смотровыми и несколькими тальвежными колодцами.

Для сбора и отвода воды поступающей к ИВПП с грунтовой поверхности аэродрома с южной стороны, предусматриваются коллекторы, которые врезаются в существующие коллектора и перепуски, которые в дальнейшем пересекают ИВПП и врезаются в проектируемый коллектор.

В первую очередь необходимо определить основные факторы, которые могут оказывать влияние на прочность конструкций системы водоотвода. Это могут быть гидравлические нагрузки от стока воды, динамические нагрузки от движения транспортных средств и самолетов, а также климатические условия (в том числе замерзание и оттаивание) и возможные грунтовые деформации.

Одним из основных элементов системы водоотвода на аэродромах является дренажный коллектор. Дренажный коллектор представляет собой специальный канал, который выполняет функцию сбора и отвода сточных вод с аэродромной площадки. Прочность дренажного коллектора является важным параметром при его проектировании. Качественное выполнение его конструкции и расчет прочности позволяют обеспечить безопасность и эффективность работы всей системы водоотвода.

Дренажные коллекторы выполнены из полипропиленовых труб MEGA-Pipe PP SN8 DN 300 общей протяженностью 1190 м.

Преимуществами таких коллекторов являются их химическая стойкость, минимальная подверженность коррозии и отсутствие необходимости в регулярном обслуживании.

Расчёт на прочность трубы PP-MEGA-Pipe DN 300

Исходные данные для расчёта

1. *Нагрузка от воздушного судна:*
- тип воздушного судна - А-300-В2-2;
- полный взлётный вес G=142,9 т.с.;
- коэффициент нагрузки на главную опору $К_{гл}$=0,47;
- количество главных опор $N_{оп}$=1;
- количество колес на главной опоре $N_к$=4;
- коэффициент динамичности $К_d$=1,1;
- коэффициент разгрузки n_p=1.

2. *Характеристика трубы:*
- материал трубы - полипропилен MEGA;
- марка трубы по каталогу DN 300;
- внутренний диаметр трубы d_i=297 мм;
- наружный диаметр трубы d_e=340 мм;
- толщина стенки трубы S=3,2 мм;
- приведенный наружный диаметр трубы (d_i+2S) D=303,4 мм;
- кратковременный модуль упругости материала трубы E_0=1500 МПа;
- долговременный модуль упругости материала трубы $E_\tau = 375$ МПа.

3. *Глубина заложения трубы и характеристика грунта:*
- глубина заложения трубы H=1,96 м;
- глубина действия нагрузки (H+D/2), $H_{расч}$=2,11 м;
- грунт – суглинок;
- удельный вес грунта $\gamma = 16{,}4$ кН/м^3.
- модуль деформации грунта $E_{гр}$=5 МПа.

Расчёт выполняется по следующей методике [2]:

1. Определение действующей нагрузки на колесо:

$$Р_к = \frac{G\ k_{гл}}{N_{оп} N_k}\ k_g n_p = \frac{142.9 \cdot 0.47}{1 \cdot 4} \cdot 1.1 \cdot 1.0 = 18.47\ тс = 184{,}7\ кН$$

2. Определение нагрузки от засыпки грунтом

$$q_{гр} = y \cdot Н_{расч} = 16{,}4 \cdot 2{,}11 = \frac{34{,}6 кН}{м^2} = 0{,}035 МПа$$

3. Площадь передачи нагрузки - $F = 1{,}14$ м^2.

4. Нагрузка на трубу от воздушного судна (транспортная):

$$q_т = \frac{Р_к}{F} = \frac{184{,}7}{1{,}14} = 162{,}02 \frac{кН}{м^3} = 0{,}162 МПа$$

5. Полная нагрузка составит:

$$q_с = q_{гр} + q_т = 0{,}035 + 0{,}162 = 0{,}197\ МПа$$

6. Кратковременная кольцевая жёсткость сечения трубы:

$$G_0 = 53{,}7\ \frac{E_0}{12}\left(\frac{S}{D}\right) = 53{,}7 \cdot \frac{1500}{12} \cdot \left(\frac{3{,}2}{303{,}4}\right) = 0{,}008 МПа$$

7. Относительное укорочение вертикального диаметра трубы:

$$\Psi_{\text{гр}} = \frac{k_{\text{ок}} k_\tau k_w k_{\text{гр}}}{k_{\text{ж}} G_0 + k_{\text{гр}} q_{\text{гр}}} = \frac{1{,}0 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}035}{0{,}15 \cdot 0{,}008 + 0{,}06 \cdot 5} = \frac{0{,}0048}{0{,}3012} = 0{,}0159(1{,}59\%)$$

где $k_{\text{ок}} = 1{,}0$ - коэффициент, учитывающий процесс округления овализованной трубы под действием внутреннего давления воды;

$k_\tau = 1{,}25$ - коэффициент, учитывающий запаздывание овальности поперечного сечения трубы во времени и зависящий от типа грунта, степени его уплотнения, геометрии траншеи;

$k_w = 0{,}11$ - коэффициент прогиба, учитывающий качество подготовки ложа и уплотнения;

$k_{\text{ж}} = 0{,}15$ - коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жесткости оболочки трубы на овальность поперечного сечения трубопровода;

$k_{\text{гр}} = 0{,}06$ - коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овальность поперечного сечения трубопровода.

8. Укорочение вертикального диаметра трубы под действием транспортной нагрузки:

$$\Psi_\tau = \frac{k_{\text{ок}} k_w q_{\text{т}}}{k_{\text{ж}} G_0 + k_{\text{гр}} n \text{E}_{\text{гр}}} = \frac{1{,}0 \cdot 0{,}11 \cdot 0{,}162}{0{,}15 \cdot 0{,}008 + 0{,}06 \cdot 1 \cdot 5} = 0{,}0592(5{,}92\%)$$

где $n = 1$- коэффициент, учитывающий глубину заложения трубопровода.

9. Суммарное укорочение вертикального диаметра:

$$\Psi = \Psi_{\text{гр}} + \Psi_{\text{т}} + \Psi_{\text{м}} = 0{,}0159 + 0{,}0592 + 0{,}02 = 0{,}0951(9{,}5\%)$$

где $\psi_{\text{м}} = 0{,}02$- относительное укорочение вертикального диаметра трубы, образовавшееся в процессе складирования, транспортировки и монтажа.

10. Максимальное значение степени растяжения материала трубы:

$$\varepsilon_{\text{р}} = 4{,}27 k_\sigma \frac{S}{D} \Psi k_{3\Psi} = 4{,}27 \cdot 1{,}0 \cdot \frac{3{,}2}{303{,}4} \cdot 0{,}0951 \cdot 1{,}0 = 0{,}0043(0{,}43\%)$$

где $k_\sigma = 1{,}0$ - коэффициент постели грунта для изгибающих напряжений, учитывающий качество уплотнения;

$k_{3\psi} = 1{,}0$ - коэффициент запаса на овальность поперечного сечения трубы.

11. Степень растяжения в условиях релаксации:

$$\varepsilon_{\text{рр}} = \frac{\sigma_0}{\text{E} k_{\text{з}}} = \frac{25}{375 \cdot 1{,}25} = 0{,}0533(5{,}33\%),$$

где $\sigma_0 = 25$ МПа - кратковременная расчетная прочность при растяжении материала трубы;

$k_{\text{з}} = 1{,}25$- коэффициент запаса.

12. Степень сжатия материала стенки трубы в условиях внешних нагрузок:

$$\varepsilon_{\text{c}} = \frac{q_{\text{c}} D}{2\text{E}_0 S} = \frac{0{,}197 \cdot 303{,}4}{2 \cdot 1500 \cdot 3{,}2} = 0{,}0062(0{,}62\%)$$

13. Предельно допустимая деформация в условиях ползучести:

$$\varepsilon_{pn} = \frac{\sigma_0}{\text{E}_0 k_3} = \frac{25}{1500 \cdot 1{,}25} = 0{,}0133(1{,}33\%).$$

14. Проверка соблюдения условия прочности:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} = \frac{0{,}0043}{0{,}0533} + \frac{0{,}0062}{0{,}0133} = 0{,}0807 + 0{,}4662 = 0{,}5469 < 1{,}0$$

На основе расчетов было установлено, что подобранный размер и геометрия коллектора обеспечивают достаточную прочность для выдерживания нагрузок, возникающих от накопления воды и движения по нему техники. Это гарантирует долговечность и стабильную работу системы водоотвода на аэродроме.

Таким образом, результаты расчетов прочности элементов системы водоотвода на аэродромах подтверждают их эффективность и надежность. Дренажные системы играют важную роль в обеспечении безопасности аэродромных покрытий и осуществлении посадки и взлета самолетов. Прочное и проницаемое дренажное оборудование является залогом долговечности и стабильной работы системы водоотвода на аэродроме. Обеспечение прочности и проницаемости элементов системы водоотвода на аэродромах является неотъемлемой частью строительства и эксплуатации аэродромных сооружений.

Список литературы

1. *СП 121.13330.2012 Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32 -03-96 М.: Минрегион России, 2012 – 126 с.*
2. *СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов, систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов». Госстрой России, М. 2001.*
3. *Руководство по проектированию водоотвода и дренажа на летных полях аэродромов. Москва 1982 -205 с.*
4. *Загоруйко А.А., Панов А.Ю., Загоруйко Т.В. Особенности проектирования элементов водоотводных и дренажных систем в сложных геологических условиях на аэродромах государственной авиации Актуальные проблемы инженерно-аэродромного обеспечения базирования авиации в современных условиях и пути их решения сборник научных статей по материалам v всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 2021.*
5. *СТО НОСТРОЙ 2.25.114-2013 Устройство водоотводных и дренажных систем Аэродромов Издательство «БСТ» Москва 2014 . 105 с.*

УДК 628.16

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СУРСКОЙ ВОДЫ

***Салмин Сергей Михайлович**, доц., канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники*
***Янюшкин Данила Александрович**, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники*
***Мужиков Дмитрий Владимирович**, магистрант*
***Жамков Даниил Сергеевич**, магистрант*
***Титова Виктория Евгеньевна**, студентка*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Проведено сравнение эффективности органического коагулянта ВПК-402 и минерального коагулянта СА при осветлении отстаиванием природной воды р. Суры с низкой температурой и высокой мутностью в период паводка. Проведенные исследования показали целесообразность использования коагулянта ВПК-402 для обработки сурской воды в период паводка.

Ключевые слова: очистка воды, коагулянты, показатели поверхностных вод, эффективность очистки.

При удалении загрязнений из природных вод поверхностных источников широкое применение получили минеральные коагулянты на основе солей алюминия. Для очистки воды р. Суры от минеральных и частично органических примесей применяется сернокислый алюминий (СА).

После дозирования в воду СА гидролизуется, затем происходят процессы агрегатирования примесей и осаждения. Образующаяся в результате гидролиза СА гидроокись алюминия $Al(OH)_3$ имеет низкую растворимость при нейтральных значениях pH и может удалять примеси из воды за счёт их захвата осаждающимися хлопьями и адсорбции.

Опыт эксплуатации водопроводных очистных станций в России показал, что при низких температурах природной воды гидролиз СА происходит замедленно с образованием мелких и лёгких хлопьев $Al(OH)_3$, что приводит к ухудшению процессов седиментации взвешенных веществ [1].

В последние годы в практике водоподготовки стали использоваться синтетические органические коагулянты в виде меламинформальдегида, эпихлоргидрина диметиламина (или эпиДМА) и полихлорида деаллилдиметила аммония (или PolyDADMAC) [2, 3]. Органические коагулянты имеют катионный заряд и молекулярную массу от 10^4 до 10^6, их

применение целесообразно при очистке природных поверхностных вод от тонкодисперсных взвешенных веществ и коллоидных частиц с низким дзета-потенциалом за счёт действия механизма мостиковой коагуляции [3, 4]. К недостаткам органических коагулянтов при их самостоятельном использовании следует отнести необходимость длительного и интенсивного перемешивания с исходной водой (не менее 20 мин) для достижения высокого эффекта осветления отстаиванием [5, 6].

На некоторых водоочистных комплексах городов Российской Федерации используется органический коагулянт ВПК-402 типа PolyDADMAC. Технические характеристики данного коагулянта следующие:

- товарная форма – гель;
- ионный заряд – катионный;
- степень ионного заряда – высокая;
- молекулярная масса - $3 \cdot 10^5$.

Широко распространённым способом ускорения процессов коагуляции является дополнительная обработка воды флокулянтами – полимерами, в состав молекул которых входят группы, способные к ионизации в водной среде. Обработка воды флокулянтами, как правило, производится через некоторое время после введения в неё раствора коагулянта.

Наиболее широко распространенным флокулянтом, применяющимся на водоочистных станциях, является полиакриламид (ПАА) – слабоанионный полиэлектролит с молекулярной массой порядка 10^6.

Целью исследований, результаты которых приведены в данной работе, являлось сравнение эффективности органического коагулянта ВПК-402 и минерального коагулянта СА при осветлении отстаиванием природной воды р. Суры с низкой температурой и высокой мутностью в период паводка.

В паводковый период речная вода характеризовалась следующими показателями:

- температура 2,2 -2,3 град;
- мутность 67-70 мг/л;
- щелочность 1,3-1,4 ммоль/л;
- pH=7,22-7,24.

Программа лабораторных испытаний предусматривала обработку проб исходной речной воды исследуемыми коагулянтами при значениях градиента скорости перемешивания лабораторной мешалкой G=180 $с^{-1}$. В первой серии экспериментов время перемешивания коагулянтов с водой составляло 2 мин, во второй серии – 15 мин. Затем после ввода флокулянта ПАА мешалка переключалась на медленное перемешивание в течение 3 мин при градиенте скорости G=20 $с^{-1}$. После окончания перемешивания пробы переливались в стеклянные цилиндры ёмкостью 1 л каждый и отстаивались

в течение 40 мин. Далее пробы осветлённой воды забирались из верхних частей цилиндров и анализировались на содержание остаточной мутности, определяемой фотометрическим методом. Кроме того, в каждой серии экспериментов определялись величины pH отстоянной воды.

Эффективность осветления отстаиванием природной воды, обработанной смесевыми и минеральными коагулянтами, определялась по формуле

$$E = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где C_0 – мутность исходной воды, мг/л; C_1 – мутность воды после отстаивания, мг/л.

Дозы СА в экспериментах изменялись от 45 до 75 мг/л, а дозы ВПК-402 – от 0,5 до 1,5 мг/л. Доза флокулянта ПАА во всех сериях испытаний составляла 0,1 мг/л.

Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Эффективность очистки воды методом отстаивания с применением коагулянтов СА и ВПК-402

Показатели	Коагулянт СА			Коагулянт ВПК-402		
Время перемешивания 2 мин						
Доза коагулянта, мг/л	45	60	75	0,5	1,0	1,5
Мутность после отстаивания, мг/л	12,0	9,5	8,5	14,0	15,2	17,7
Эффективность очистки, %	82,8	86,4	87,9	80,0	78,3	74,7
Время перемешивания 15 мин						
Доза коагулянта, мг/л	45	60	75	0,5	1,0	1,5
Мутность после отстаивания, мг/л	18,0	17,1	16,4	10,2	10,0	14,5
Эффективность очистки, %	74,2	75,6	76,6	85,4	85,7	79,3

При применении коагулянта СА pH отстоянной воды составляла 6,6 для дозы 45 мг/л и pH=6,1 для дозы 75 мг/л. В экспериментах с коагулянтом ВПК-402 в диапазоне его доз 0,5-1,5 мг/л pH осветленной воды после отстаивания изменялось незначительно и составляла 7,0-7,1.

Анализ полученных экспериментальных данных позволил сделать следующие выводы:

1. Увеличение времени перемешивания коагулянтов с исходной водой с 2 до 15 мин позволило значительно повысить эффективность действия коагулянта ВПК-402, оптимальная доза которого составила 0,5-1 мг/л. Эффективность действия коагулянта СА при увеличении времени перемешивания, наоборот, снизилась на 8,5 – 11,3% в зависимости от его дозы. Это может быть объяснено разрушением непрочных коагуляционных

структур гидроокиси алюминия при длительном контакте обработанной коагулянтом воды с лабораторной мешалкой.

2. Эффект очистки воды отстаиванием повышается с увеличением дозы коагулянта СА. При увеличении дозы ВПК-402 с 0,5 мг/л до 1,5 мг/л эффект очистки снижается, что подтверждается экспериментами других авторов [6], в которых также обнаружено наличие оптимального минимума для дозы органического коагулянта.

Таким образом, присутствие в воде высокомолекулярных органических коагулянтов может изменять характер зависимости интенсивности образования и разрушения агрегатов от внешних факторов (градиента скорости и времени перемешивания, температуры, pH).

3. Применение органического коагулянта ВПК-402 практически не изменяет величину pH воды в отличие от коагулянта СА, при больших дозах которого pH воды снижается значительно за счёт появления в воде водородных ионов.

Проведенные экспериментальные исследования показали целесообразность использования коагулянта ВПК-402 для обработки сурской воды в период паводка.

Список литературы

1. *Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологиях очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев. – М.: Научное издание, 2005.*
2. *Тихонова, Е.А. Использование органических коагулянтов для подготовки питьевой воды / Е.А. Тихонова, А.С. Усачёв // Водоснабжение и санитарная техника. - 2004. - №9. – с. 33-34.*
3. *Герасимов, Г.Н. Процессы коагуляции-флокуляции при обработке поверхностных вод / Г.Н. Герасимов // Водоснабжение и санитарная техника. - 2003. - №2. – с. 26-31.*
4. *Захаров, В.Р. Применение флокулянта Floquat FL-45C для водоподготовки на МУП «Водоканал» г. Омск/ В.Р. Захаров, В.С. Шевченко // Водоснабжение и санитарная техника. - 2003. - №10. – с. 31-32.*
5. *Шевченко, В.С. Повышение качества питьевой воды / В.С. Шевченко, В.Р. Захаров // Водоснабжение и санитарная техника. - 2005. - №2. –ч.2– с. 5-7.*
6. *Гандурина, Л.В. Применение органических коагулянтов для осветления мутных вод / Л.В. Гандурина, Б.Н. Фрог, Е.В. Маштакова // Водоснабжение и санитарная техника. - 2020. - №7. – с. 11-16.*

УДК 621.99 - 049. 5 : 629.33

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОСТИ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

***Суменков Сергей Вячеславович**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортные машины»*

Пензенский государственный университет, Пенза

***Суменков Александр Сергеевич**, аспирант*

Пензенский государственный технологический университет, Пенза

Для стабильности затяжки резьбовых соединений представлена оригинальная гайка, технология производства которой отличается простотой и экономичность и предполагает использование универсального токарно-винторезного оборудования. Рекомендуется вводить в технологический процесс изготовления болта операции насыщения поверхностного слоя материала болта частицами вольфрама или хрома.

Ключевые слова: гайка, резьбовое соединение, стабильность затяжки, профиль резьбы, диффузия.

В изделиях машиностроения значительная часть соединений формируется при помощи резьбовых соединений (РС), от функционирования которых во многом зависит надежность механизмов и узлов. При эксплуатации технических устройств показано, что долговечная работа РС в значительной степени определяется исходной затяжкой и стабильностью её в работы. Примеры ослабления затяжки резьбовых соединений достаточно широко представлены в технической литературе с изучением её влияния на рабочие параметры разных механизмов, машин сельскохозяйственного назначения, автотранспортных средств и др.

К настоящему времени опубликовано много научных работ, посвященных разработке способов увеличения стопорящих свойств резьбовых соединений автомобилей и других механизмов в процессе производства и эксплуатации [1]. Прототипом представленной гайки служит конструкция, в которой стопорение осуществляется за счёт разделения внутренней резьбы на две части, сопряженных с друг другом. Кроме того, части резьбы выполнены с разными шагами. Стопорение гайки обеспечивается при затяжке при смещении витков резьбы относительно оси, возрастания трения между боковыми поверхностями профиля и создания небольшого осевого натяга в профиле резьбы. Качество и надёжность стопорения прототипа недостаточно высокие, особенно при многократной сборке соединения, так как несовпадание шагов резьбы на отдельных участках компенсируется смятием профилей во время сборки соединения, что снижает сопротивление самоотвинчиванию и трение в резьбе. Гайка-протитип достаточно сложна, её проблематично изготовить стандартным

способом, а нарезание частей резьбы с разными шагами представляет большую техническую сложность.

В целях обеспечения стабильности затяжки РС в процессе эксплуатации, предложено новое конструктивное решение, основанное на разделении резьбы гайки на два участка, переходящих один в другой, с различными геометрическими характеристиками резьбы. В качестве реализации данного конструктивного решения, предложена конструкция гайки, отличительной особенностью которой является то, что, указанные участки резьбы выполнены с различной высотой профиля, один с высотой профиля, равной высоте исходного контура с заострёнными вершинами, а другой со стандартной рабочей высотой и срезанными вершинами. Кроме того, соотношение длин участков резьбы выдержано в пределах 0,5…1,0 (рис. 1).

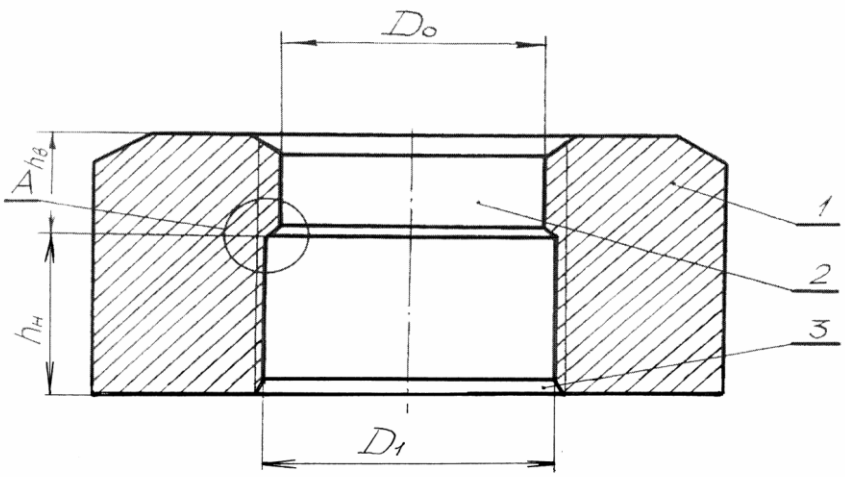


Рисунок 1. Гайка

Предлагаемая гайка работает следующим образом. При сборке резьбового соединения в начальный период завинчивания гайки, когда в контакте с резьбой болта находится нижний участок резьбы, усилие затяжки не превышает обычных значений. При подходе верхнего участка резьбы гайки с полным исходным контуром к резьбе болта усилие затяжки начинает возрастать за счет натяга в вершинах профиля верхнего участка резьбы гайки при взаимодействии с впадиной резьбы болта.

Стопорение, в случае применения данной гайки, достигается за счет натяга между вершинами профиля внутренней резьбы гайки и впадиной наружной резьбы болта, обусловленного увеличением рабочей высотой профиля резьбы гайки, в верхней её части. Вершина профиля резьбы гайки на верхнем участке подвергаются упругому деформированию, в результате чего по мере навинчивания гайки возникает натяг и увеличивается коэффициент трения в резьбе, что и является условием обеспечения стабильности затяжки РС в процессе эксплуатации.

Приведенное соотношение длины верхнего участка и длины нижнего участка резьбы является оптимальным. При выходе соотношения из указанных пределов эффект стопорения гайки снижается. Если соотношение длины верхнего участка и высоты нижнего участка резьбы гайки меньше 0,5, то данный способ стопорения не обеспечивает существенного повышения стопорящих свойств РС, так как площадь контакта резьб болта и гайки на верхнем участке становится минимальным и усилие затяжки снижается. Если соотношение длины верхнего участка и высоты нижнего участка резьбы гайки больше 1, то затрудняется сборка резьбового соединения и повышается возможность возникновения заедания при его сборке и разборке. В случае использования данной гайки в условиях интенсивных вибрация данное соотношение приближается к 1, т.е. увеличивают часть гайки с нестандартной рабочей высотой профиля резьбы.

Разработана достаточно простая технология изготовления данной гайки, согласно которой в заготовке гайки изготавливается отверстие вычисленного размера D_0 для образования при нарезании верхней части исходного параметра резьбы с большей высотой профиля. Далее с нижней контактной стороны гайки рассверливается отверстие диаметром D_1, обеспечивающим при нарезании получение резьбы со стандартным профилем.

В случае применения данной гайки, увеличивается сопротивление резьбового соединения самоотвинчиванию, что в свою очередь повышает надежность всего изделия, составной частью которого, является предлагаемая гайка. Гайку можно использовать многократно. Соединение сохраняет стопорящие свойства при повторных сборках.

Повышение стопорящих свойств разработанной гайки, подтверждено экспериментальными исследованиями, проведенными в лабораторных условиях, на стенде. Испытаниям подвергались четыре вида РС: с предложенной в данной работе гайкой; с шайбой Гровера; с фланцевой гайкой с зубьями; без дополнительного стопорения.

Как показали экспериментальные исследования, предложенная конструкция гайки, не только сокращает число вспомогательных деталей, предохраняющих от самоотвинчивания, но и существенно, по сравнению с РС с шайбой Гровера, повышает сопротивление самоотвинчиванию.

В результате реализации данного конструктивного решения, в изделиях, изготовляемых в условиях мелкосерийного производства, которое в связи с трудным положением в промышленности, стало преобладающим, можно заменить крепежные изделия, изготовленные по технологиям, характерным для массового или крупносерийного производства, крепежом, изготовленным в условиях единичного и мелкосерийного производств, сохраняя при этом равноценную стабильность затяжки РС. В этом случае появляется возможность, для

изготовления крепежа, использовать не специализированное оборудование, эффективность применения которого высока только при производстве очень больших партий болтов, а многофункциональные токарно-винторезные станки, которые имеются практически на каждом предприятии. Это существенно скажется на себестоимости болтов, и всего изделия в целом.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования, позволившие выявить взаимосвязь между технологическими методами изготовления, физическими параметрами материалов и интенсивностью падения усилия затяжки РС, позволили разработать практические рекомендации по конструкторско-технологическому обеспечению стабильности затяжки.

В качестве рекомендаций предложены предпочтительные технологические методы получения резьбы и критерии для подбора материала болтов ответственных РС, какими являются, коэффициент диффузии закрепляющей примеси и плотность дислокаций исходного материала.

При выборе технологии изготовления РС, для обеспечения стабильности затяжки РС в процессе эксплуатации, предпочтение необходимо отдавать технологическим методам образования резьбы, связанным с пластическим деформированием материала заготовки.

Оценки, проведенные для параметров, отвечающих материалу испытываемого РС и условиям испытаний, показали, что коэффициент диффузии закрепляющей примеси должен быть меньше $D \leq 9{,}2 \cdot 10^{-17}$ см^2/с, а плотность дислокаций $N_d << 3 \cdot 10^{13}$ см$^{-2}$.

Из результатов теоретических исследований, проведенных в данной работе, следует вывод: полностью предотвратить ослабление затяжки РС в процессе эксплуатации в условиях вибрационного воздействия одними только конструкторскими мероприятиями, независимо от эффективности стопорения применяемого метода, невозможно. Поскольку все методы стопорения направлены только на предотвращение проскальзывания между витками болта и гайки, они ни каким образом не могут компенсировать увеличение деформации болта в процессе вибрационного нагружения. Следовательно, проблема обеспечения стабильности затяжки РС в процессе эксплуатации должна решаться обязательно комплексно, сочетанием конструкторских и технологических методов.

В связи с этим, необходимо, наряду с применением какого либо конструкторского способа повышения стопорения РС, либо соблюдать данные в этой работе рекомендации по выбору материала болта, либо вводить в технологический процесс изготовления болта операции насыщения поверхностного слоя материала болта частицами металла с

коэффициентом диффузии значительно меньшим $9{,}2 \cdot 10^{-17}$ см^2/с, например, частицами вольфрама или хрома (рис. 2).

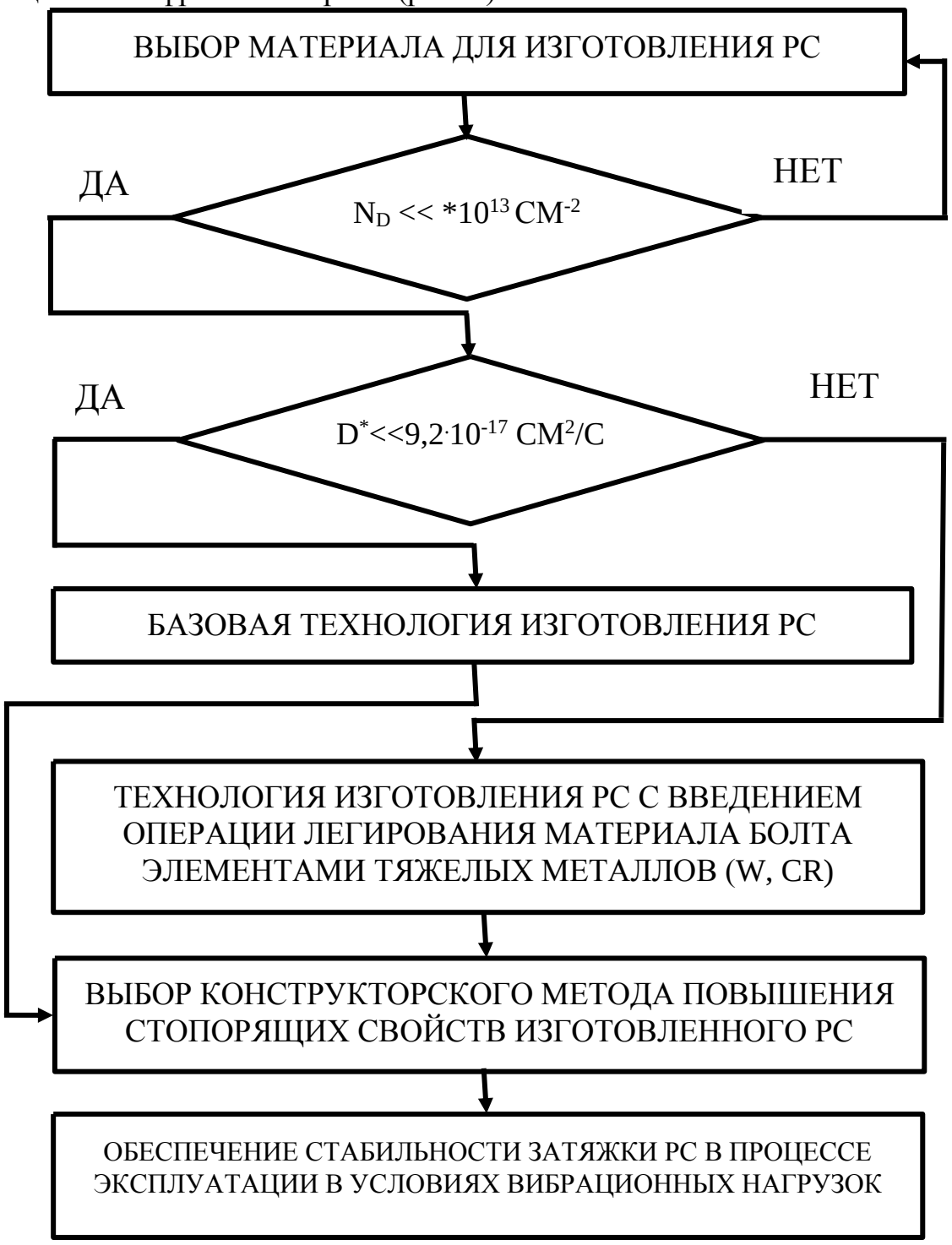


Рисунок 2. Структурная схема конструкторско-технологического обеспечения стабильности затяжки резьбовых соединений

1. [illegible] ремонте автомобилей: моногр. / Ю.В. Родионов, С.В. Суменков. – Пенза: ПГУАС, 2019. – 169 с.

УДК 697.1

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ MAGICAD ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Фролов Михаил Владимирович, *канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*
Самсонова Александра Евгеньевна, *магистрант*
Журавлева Елена Алексеевна, *магистрант*
Панкратов Алексей Олегович, *магистрант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

При проектировании систем вентиляции сейчас широко используются технологии информационного моделирования и специальные программы для автоматизации расчетов. В статье рассмотрены особенности проектирования систем вентиляции с использованием надстройки MagiCAD для Revit. Описаны основные функциональные возможности программы MagiCAD.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, системы вентиляции, аэродинамический расчет, MagiCAD, Revit.

После введения в действие Постановления Правительства РФ от 5 марта 2021 г. №331 при проектировании объектов капитального строительства стало обязательно использование информационного моделирования. Технологии информационного моделирования (ТИМ) позволяют создавать объемную модель здания, содержащую всю необходимую информацию для его строительства и дальнейшей эксплуатации [1,2]. Для информационного моделирования сейчас используют различные программные комплексы, но самым совершенным является программный комплекс Revit [3]. Однако даже возможностей этого комплекса часто не хватает для выполнения специфический задач проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Поэтому вместе с данным программным комплексом широко используют дополнительные инструменты проектирования. Один из самых полезных таких инструментов – надстройка MagiCAD для Revit [4].

MagiCAD Вентиляция для Revit – это программа, эффективно сочетающая функции черчения и расчетов систем вентиляции, позволяющая существенно увеличить скорость подготовки проектов. В данной работе рассмотрим основные функции расширения MagiCAD Вентиляция.

Трассировка воздуховодов на плане и построение аксонометрии занимаем много времени при выполнении проекта без использования ТИМ. В программе MagiCAD Вентиляция представлены удобные и эффективные

функции черчения и редактирования воздуховодов. Доступны такие функции, как «Соединение тройником», «Соединение врезкой», «Установить крестовину», «Соединить автоматически» и др. Данные функционал хорошо дополняет основной функционалом программы Revit, в которой для редактирования воздуховодов можно использовать команды «Выровнять по», «Продлить до», «Отразить», «Перевернуть», «Чертить воздуховод» и прочее (рисунок 1).

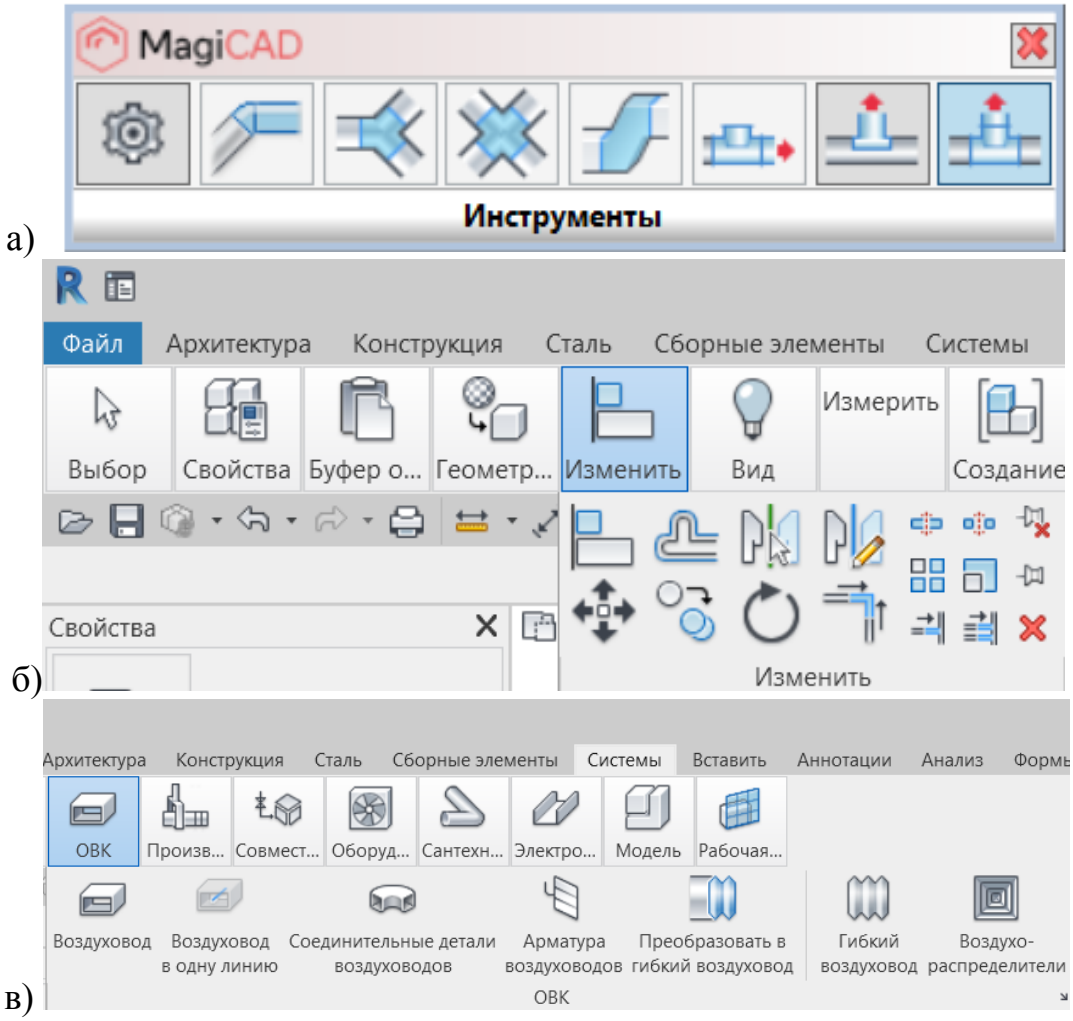


Рисунок 1. Основные функции редактирования и черчения воздуховодов: а – функции программы MagiCAD б, в – функции программы Revit

Аэродинамический расчет требует большой концентрации и значительных затрат времени от проектировщика. Программа позволяет автоматически подбирать сечения воздуховодов, рассчитывая основные аэродинамические показатели. В настройках можно задать требуемый диапазон расчета (сеть, участок), метод расчета, а также ограничить максимальную длину и ширину прямоугольного воздуховода. Результатом расчета является отчет, где представлена принципиальная схема расположения элементов сети, основная информация об уровне, на котором находится система, типе элементов, наименование серии и оборудования.

Так же показана длина участков, тип изоляции, расход и скорость воздуха, потери давления и др. (рисунок 2).

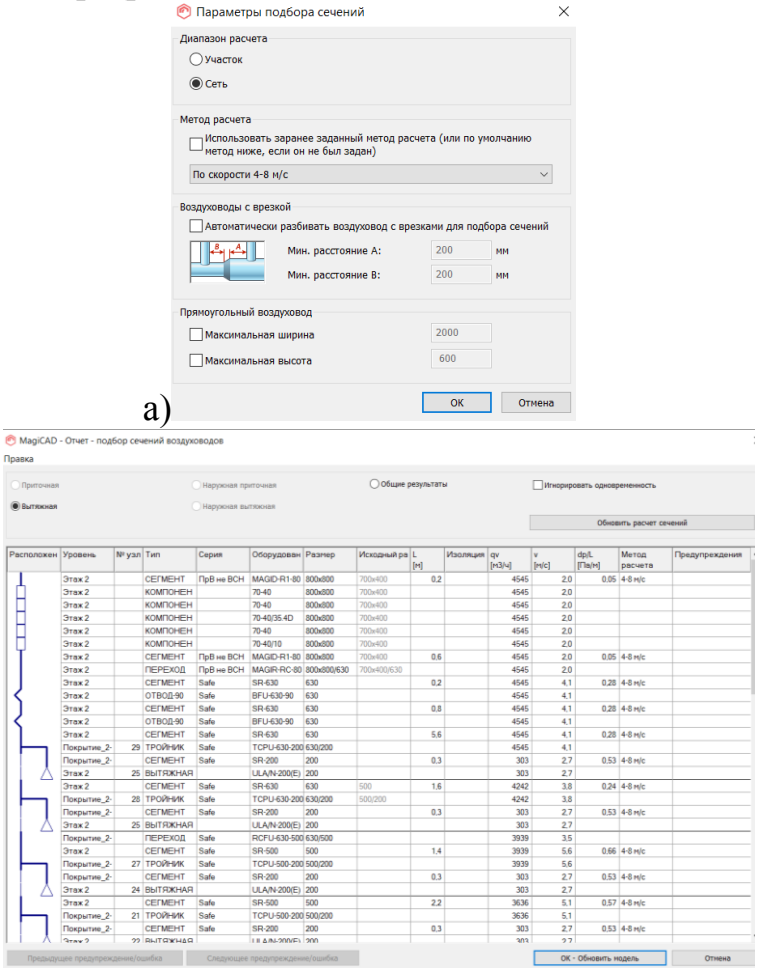


Рисунок 2. Подбор сечений: а – параметры подбора сечений; б – отчет

Программа позволяет выполнять балансировку сети с определением настройки регулировочных клапанов (углы поворота, перепады давления и прочее). Перед расчетом пользователь в настройках задает нужные ему параметры расчета, такие как диапазон расчета, метод балансировки, ограничения по допустимой невязке и предел потерь давления. Так же выбирается метод расчета, запас суммарного расхода и полного давления. Результатом расчета является отчет, в котором представлены все необходимые характеристики и аэродинамические показатели (рисунок 3).

Программа позволяет выполнять проверку компонентов систем на пересечения (коллизии), в том числе возможность задавать минимально допустимое расстояние между различными компонентами. Во вкладке «MagiCAD Общие» на панели выбирают «Выявление коллизий». Пользователь может выбрать А – тип системы, которая будет проверяться на пересечения с Б – типом системы, которая может представлять потенциальную коллизию. После проверки доступна функция «Показать элемент» на чертеже. После устранения пересечений и обновления коллизий, система внесет изменения в отчет (рисунок 4).

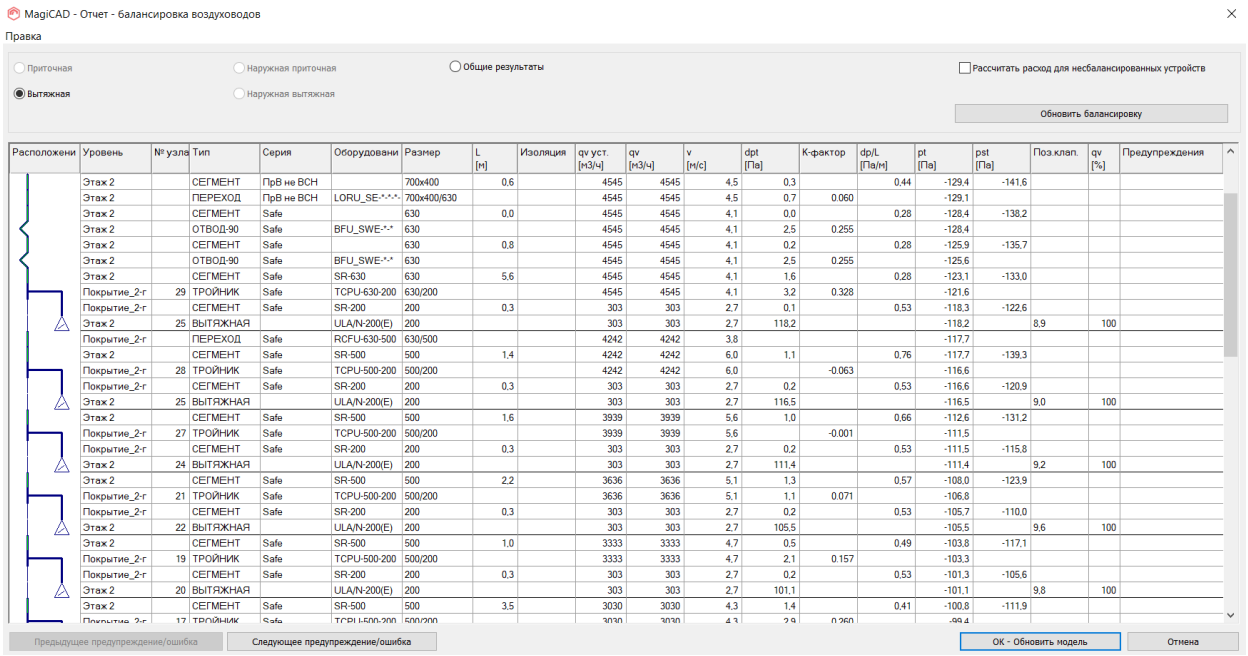


Рисунок 3. Отчет о балансировке воздуховодов

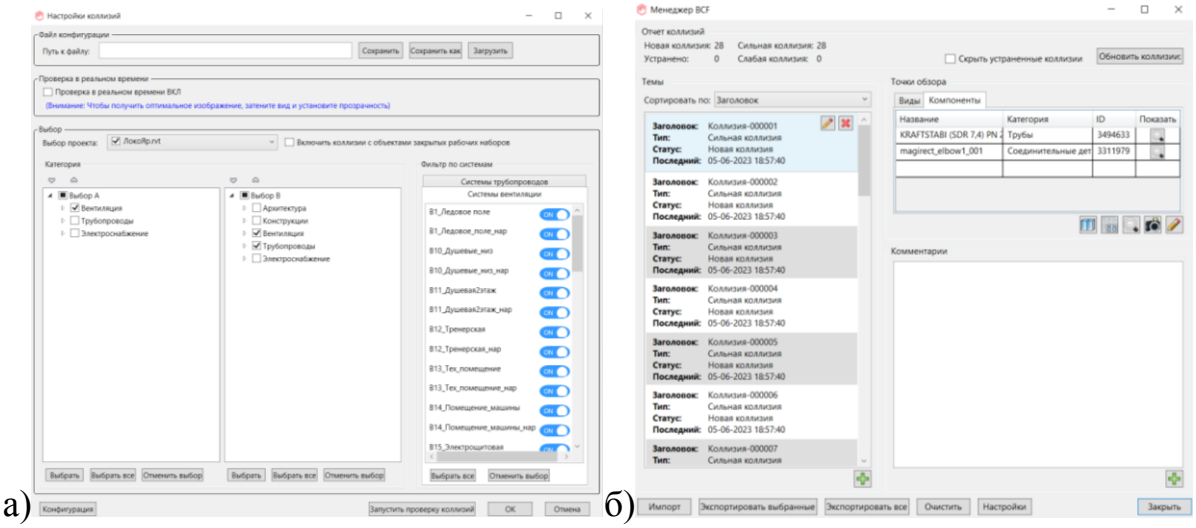


Рисунок 4. Работа с коллизиями: а – настройки расчета; б – отчет

Так же с помощью программы возможно автоматическое создание спецификаций, что так же существенно сокращает затраты времени. Для создания спецификации во вкладке «MagiCAD Общие» на панели выбирают «Экспорт/ Импорт». Далее в окне настроек выбирается шаблон отчета, нужный диапазон и системы, которые будут выведены в спецификацию. Созданный программой отчет можно экспортировать в формат PDF или скопировать в буфер обмена.

Программа позволяет создавать 3D разрезы и выбирать диапазоны их сечения. Для того, чтобы перейти к разрезу, нужно выбрать элемент на чертеже левой кнопкой мыши и на панели управления во вкладке «MagiCAD» выбрать 3D разрез. Разрезы обновляются в режиме реального времени, поэтому любые изменения в проекте (например, на плане) сразу же отражаются на разрезе и наоборот. Пример разреза показан на рис. 5.

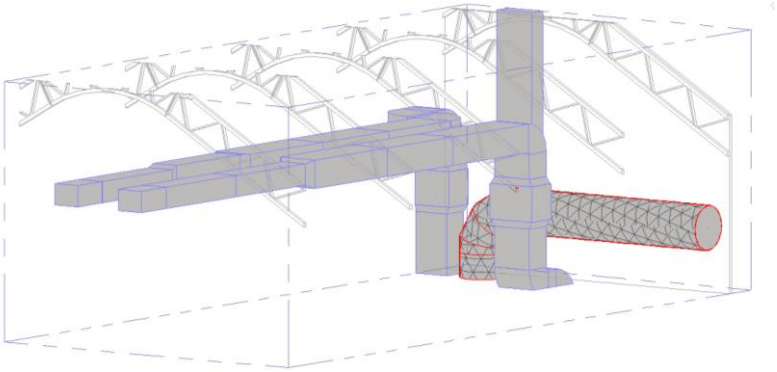
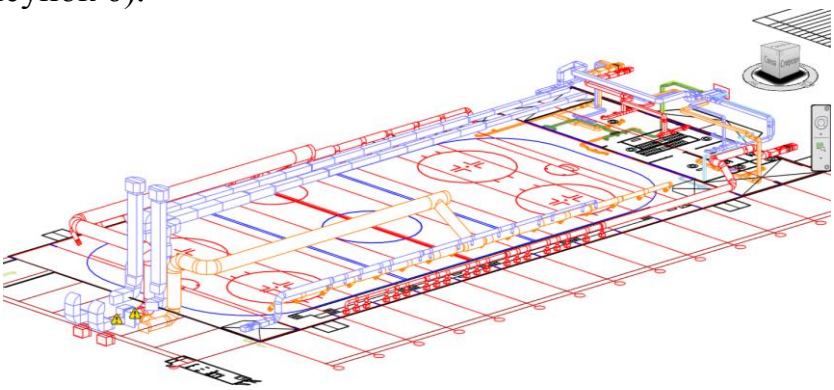
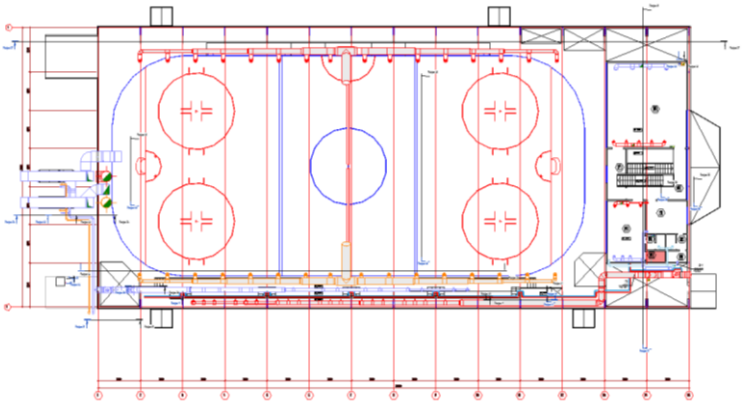


Рисунок 5. Пример 3D разреза

Полученные в результате работы в программе модели информативны и удобны в использовании. В качестве примера покажем модель систем отопления, вентиляции и кондиционирования физкультурно-оздоровительного комплекса с крытым катком и трибунами на 215 зрителей, разработанную авторами статьи с использованием надстройка MagiCAD для Revit (рисунок 6).



а)



б)

Рисунок 6. Проект физкультурно-оздоровительного комплекса с крытым катком: а – 3D модель; б – план

Таким образом, использование программы MagiCAD существенно экономит время проектировщиков, позволяет выполнять задачи повышенной сложности, благодаря возможностям трехмерной графики, а также сочетанию функций черчения и расчетов.

Список литературы

1. *Тимошенко, Т. А. Внедрение ТИМ (BIM) в строительстве в России / Т. А. Тимошенко, Е. С. Нигорожина // Университетская наука. – 2022. – № 1(13). – С. 91-94.*
2. *Фролов, М. В. Причины медленного внедрения BIM-технологий при проектировании в строительстве / М. В. Фролов, Н. А. Бахтеев, М. А. Россиев // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2023. – № 5(48). – С. 145-152.*
3. *Мелехин, А. А. Разработка моделей инженерных систем зданий и сооружений с использованием BIM-технологий / А. А. Мелехин // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2023. – № 2(254). – С. 20-21.*
4. *Криницкий, Е. В. Прикладные аспекты координации цифровых информационных моделей инженерных систем зданий в MagiCAD для Revit / Е. В. Криницкий, М. Д. Жерягин, А. Ю. Маскинская // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2022. – № 1(241). – С. 12-16.*

УДК 69.05

РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Хрусталев Борис Борисович, *проф., д-р эконом. наук, заведующий кафедрой «Экономика, организация и управление производством»*
Каргин Алексей Александрович, *ст. преподаватель кафедры «Экономика, организация и управление производством»*
Асланов Дмитрий Георгиевич, *бакалавр*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассмотрены инструменты оптимизации при создании информационной модели объекта капитального строительства. Предложен алгоритм обработки документов на основе модели BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers). Анализ результатов работы модели оценивался на основе *F1*-метрики.

Ключевые слова: информационная модель объекта капитального строительства, искусственный интеллект, автоматизация классификации документов, F1-метрика, модель BERT.

В настоящее время обработка и классификация документов занимает значительную часть времени сотрудников многих компаний, вызывая увеличение сроков выполнения проектов и повышая вероятность ошибок. Одним из направлений на данный момент по снижению трудоемкости при реализации проектов является создание и ведение информационной модели объекта капитального строительства. Информационная модель объекта капитального строительства (далее - информационная модель) - совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства [1, 2].

Документооборот на стадии реализации проекта объекта капитального строительства включает в себя множество различных задач: сортировка, проверка правильности документов, архивация и извлечение данных. Традиционные методы управления документацией часто не справляются с объемами современных данных и приводят к ошибкам и увеличению времени на документооборот. Это особенно критично на крупных инфраструктурных объектах для компаний, работающих с большим количеством входящих и исходящих документов.

Одним из путей решения данной задачи является разработка модуля, который с использованием технологий машинного обучения и искусственного интеллекта, который автоматически классифицирует документы по предопределенным категориям с высокой степенью точности и минимальными затратами времени на обработку каждого документа. Создание модели, направленное на создание такого программного модуля, который с помощью искусственного интеллекта оптимизирует и автоматизирует процессы классификации документов, сокращая время обработки и повышая общую эффективность работы.

Для решения данной задачи была выбрана модель BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) за её высокую эффективность в задачах обработки естественного языка.

Процесс работы BERT можно разделить на несколько этапов:

Токенизация: Текст разбивается на отдельные слова или подслова (токены). Этот шаг важен для того, чтобы BERT мог работать с текстом на уровне отдельных элементов.

Подготовка входных данных: Токены подаются на вход BERT. Каждый токен кодируется вектором, который представляет его семантическое значение. Также BERT принимает в качестве входных данных специальные токены, такие как [CLS] (для представления начала последовательности) и [SEP] (для разделения двух предложений).

Многозадачное обучение: BERT обучается на нескольких задачах естественного языка одновременно. Например, задачи маскирования слов (где случайные слова в предложении заменяются масками, а BERT должен предсказать их исходные значения) и предсказание следующего предложения (BERT учится определять, идет ли одно предложение за другим в исходном тексте).

Fine-tuning (настройка под конкретную задачу): после обучения BERT может быть донастроен для решения конкретных задач, таких как классификация текста, извлечение информации, вопросно-ответные системы и многое другое. В этом случае модель обучается на небольшом наборе данных, специфичном для конкретной задачи.

Модель была предварительно обучена на большом корпусе русскоязычных текстов, что позволило добиться значительных успехов в точности классификации документов.

Для обучения модели используются данные, собранные из различных источников и представляющие собой типичные документы, с которыми сталкиваются при разработке и реализации проектов: контракты, градостроительные планы, технические условия, официальные письма и др. Данные тщательно обрабатываются, чтобы устранить возможные искажения и несоответствия, что позволяет повысить качество обучения модели.

Процесс разработки представляет собой сбор и предобработку данных. Исходные данные объединяются из разных различных источников и перемещаются для устранения возможного упорядоченного влияния. Классы документов были преобразованы из текстового формата в числовые идентификаторы с помощью LabelEncoder.

Документы были преобразованы в токенизированный формат, совместимый с моделью BERT, с установленным максимальным размером токена в 512. Данные разделены на обучающий, валидационный и тестовый наборы.

Настройка и обучение модели проводились с применением техники ранней остановки для предотвращения переобучения. Оценка модели проводилась по метрике F1, которая была выбрана в качестве основной для оптимизации. В качестве языка программирования был выбран Python. Библиотеки для работы с данными использовались Pandas, NumPy. Машинное обучение и обработка текстов проводилась при помощи Hugging Face’s Transformers, Sklearn.

Визуализация программного модуля реализовывалась при помощи Matplotlib, Seaborn.

Разработка интерфейса выполнялась в Streamlit. Streamlit – это приложение с набором инструментов с открытым исходным кодом на языке Python. Streamlit позволил создать интерактивное веб-приложение для демонстрации работы модели.

Обучение и тестирование модуля осуществлялось при помощи пакета PyTorch, обеспечивающий тензорное вычисление с ускорением GPU и высокоуровневые функции для создания сетей глубокого обучения. Кроме этого использовалась программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений (CUDA), которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность.

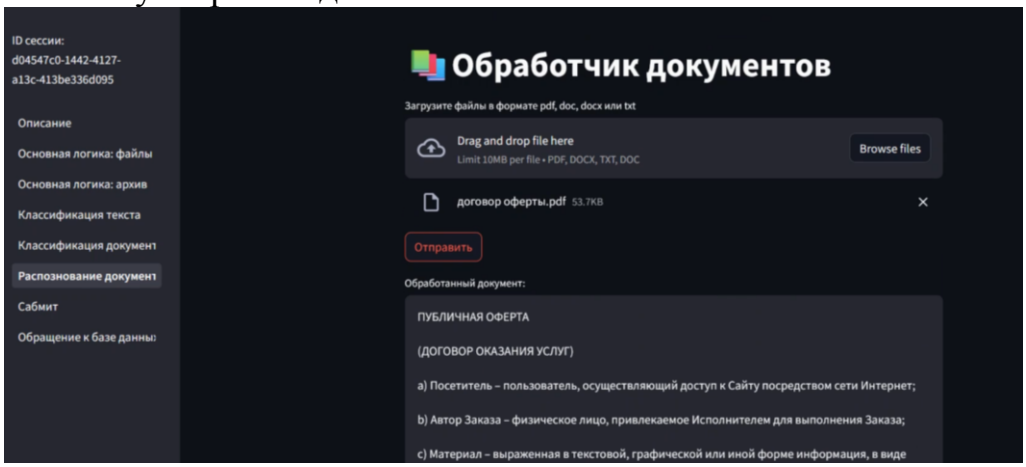


Рисунок 1. Общий вид интерфейса программы

Для демонстрации возможностей разработанного модуля использовался Streamlit, что позволило создать легкий и интерактивный веб-интерфейс. Благодаря такому подходу в разработке пользователи могут

загружать документы и получать их классификацию в реальном времени, что демонстрирует практическую применимость и эффективность модуля. Общий вид интерфейса программы приведен на рисунке 1.

Для определения количественных значений точности алгоритма, используемого в модели, используются различные метрики [4]. Перед переходом к описанию метрик введем концепцию для описания этих метрик в терминах ошибок классификации – матрицу ошибок [5]. Если рассматривать в терминах бинарной классификации, то матрица ошибок определяется следующим образом.

Пусть дана выборка $x_i \in R^n$, метки класса $y_i \in \{0,1\}$, $i \in \{0,1\ldots N\text{-}1\}$ и классификатор a, который предсказывает к какому из классов относится тот или иной элемент выборки, где количество признаков в выборке, размер выборки x. Матрицей ошибок для такого классификатора записываются в следующем виде:

$$M = \begin{pmatrix} m_{00} & m_{01} \\ m_{10} & m_{11} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где $m_{kl} \sum_{S=0}^{N-1} [a(x_s) \equiv k] \wedge [y_s \equiv l], k \in \{0,1\}, l \in \{0,1\}$,

- ≡ операция эквиваленции, а суммирование ведется в кольце целых чисел.

Каждый элемент матрицы M имеет следующие названия:

- m_{11} – TP (True positive). Число объектов положительного класса, идентифицируемых как объекты положительного класса.
- m_{00} – TN (True negative). Число объектов отрицательного класса, идентифицируемых как объекты отрицательного класса;
- m_{10} – FP (False positive). Число объектов отрицательного класса, идентифицируемых как объекты положительного класса;
- m_{01} – FN (False negative). Число объектов положительного класса, идентифицируемых как объекты отрицательного класса.

После введения необходимых обозначений приведем описание используемых метрик и их формулы.

Метрика полнота (recall) показывает какую долю объектов положительного класса из всех объектов положительного класса нашел алгоритм. Другими словами, данная метрика демонстрирует способность алгоритма распознавать объекты положительного класса. Данная метрика вычисляется по следующей формуле:

$$Rec = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

Метрика точность (precision) показывает какая доля объектов, названных положительными, является положительными. Данная метрика не позволяет записывать все объекты в один класс при неравном распределении классов. Данная метрика вычисляется по следующей формуле:

$$Pec = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

Так как во время оптимизации гиперпараметров алгоритма используется одна метрика, то необходимо объединить метрики точность и полнота. Для этого была использована F_1-мера, которая является среднегармоническим между точностью и полнотой, и определяется по следующей формуле:

$$F_1 = 2 \cdot \frac{Pre \cdot \mathrm{Rec}}{Pre + \mathrm{Rec}} \quad (4)$$

Анализ результатов на тестовой выборке модель показала результаты с точностью F1-метрики в 0,98, что свидетельствует о высоком качестве классификации. Однако, на отдельном наборе проверочных документов точность составила всего 0,58 F1-метрики, указывая на проблемы с обобщающей способностью модели. Это подчеркивает необходимость дальнейшего расширения и диверсификации обучающей выборки.

Ожидаемый результат при внедрении данной модели при классификации и обработки документов составляет около 375 чел.час.

Реализация данной модели доказывает эффективность применения искусственного интеллекта для автоматизации классификации документов при создании информационной модели объекта капитального строительства. В дальнейшем планируется улучшение модели путем включения дополнительных данных и параметров, расширение классов документов и оптимизация алгоритмов для повышения обобщающей способности. Также предполагается интеграция модуля в корпоративные системы документооборота для реального применения в бизнес-процессах.

Список литературы

1. *Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2024).*
2. *Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015 – 410 с.*
3. *Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. Second edition. NJ: Wiley, 2011 – 626 с.*
4. *Kohavi R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection//14th Intern. joint conf. on artificial intelligence: IJCAI'95 (Montreal, Canada, August 20-25, 1995): Proc. N.Y.: ACM, 1995. Vol. 2. Pp. 1137–1143.*
5. *Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J., Passos A.,. Cournapeau D., Brucher M., Perrot M., Duchesnay E. Scikit-learn: Machine learning in Python // The J. of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12. Pp. 2825-2830.*

УДК: 504.05

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИЙ

Хрусталев Борис Борисович, *проф., д-р экон. наук, зав. кафедрой «Экономика, организация и управление производством»*
Гутров Владимир Олегович*, аспирант, ассистент кафедры «Экономика, организация и управление производством»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В статье рассматривается вопрос о формировании организационно-технологических подходов развития рынка жилья и влияние на них внешней среды. Рассмотрена тема комплексной застройки как нового этапа в строительной сфере. А также снижение влияния на внешнюю среду путем внедрения комплексной застройки.

Ключевые слова: комплексное развитие территорий, внешняя среда, благоустройство, городская среда, комплексное строительство, инфраструктура, эффективность, стратегия развития.

На сегодня день развитие рынка жилья продиктовано в первую очередь интересами покупателей, в число которых входит высокое качество готового жилья, увеличение площади жилья, для кого-то из покупателей является важным составляющим готовый ремонт квартир, так называемый «под ключ». В число наиболее важных критериев выбора также вошли: развитая инфраструктура (больницы, садики и школы – для молодых семей, и офисные центры, производственные площади, развитая транспортная система – для предпринимателей), озеленение и экология района, транспортная доступность.

Помимо этого, развитие градостроительной отрасли в нашей стране продиктовано ее национальными интересами, в число которых входят повышение качества строительства, улучшение жизни и благосостояния населения, а также экономическое развитие будущего страны.

Пути развития отрасли обсуждаются в Правительстве и на региональном уровне, привлекается все больше строительных компаний, лиц, вовлеченных в сферу и имеющих представление о будущем строительства. Любые скачки в экономике, любая динамическая составляющая, будь она положительной или отрицательной, неминуемо затрагивает строительную отрасль.

Последние несколько лет все чаще уделяется внимание проблеме поиска новых организационно-технологических подходов в строительстве, или совершенствования уже существующих подходов, что обусловлено развитием современных технологий, сокращением сроков строительства,

увеличения объема возводимого жилья, и стремлением удовлетворить потребности покупателей.

В Пензенской области активно реализуются федеральные жилищные программы, в связи с этим актуальна проблема увеличения темпов строительства и сокращения затрат на производство.

Одним из способов решения данной проблемы, путем совершенствования текущих организационно-технологического подходов в строительстве, стало комплексное освоение территорий.

Комплексная освоение территории предполагает выработку оптимального сочетания между объектами жилой зоны и коммерцией, предприятиями, поставщиками услуг, формированию однородной среды обитания и качества жизни [1].

Комплексная застройка городов снижает агрессивное влияние на земельный ресурс, так как предполагает рациональное использование территории, что отвечает современным тенденциям. Согласно последним данным, около 65% всего населения земли проживает в городах [2].

На федеральном уровне закреплены требования к показателям минимально допустимому уровню обеспечения территории застройки инфраструктурой, в том числе объектами коммунального, социального и транспортного назначения. Не малую роль играет и архитектурный облик такого района. Каждое здание должно соответствовать единому стилю района, для создания единой картины жилого комплекса. Комплексная освоение территории предполагает выработку оптимального сочетания между объектами жилой зоны и коммерцией, предприятиями, поставщиками услуг, формированию однородной среды обитания и качества жизни.

Так, на территории Пензенской области, в Пензенском районе реализуется несколько проектов с комплексным подходом. Например, за короткое время был построен целый «город-спутник», с населением пятьдесят тысяч человек. Данный район был возведен «с нуля», с образования сырьевых баз, с пары домов и небольшим количеством инфраструктуры, теперь же это крупный район с активно развивающимся зонами отдыха и большим количеством рабочих мест.

Принцип комплексной застройки заключается в рациональном размещении разных функциональных зон, взаимного согласования государственных, общественных и частных интересов.

Также одним из главных принципов комплексного строительства является рациональность и эффективность использования земли и пространства, оптимальное сочетание застройки и зеленых насаждений, производственных зданий и социальных объектов. Добиться такого сочетания позволяет грамотное планирование территории на этапе проектирования квартала или района.

Комплексная застройка городов предполагает рациональное использование земельных ресурсов, что отвечает современным тенденциям. Согласно последним данным, около 65% всего населения земли проживает в городах.

Ключевыми целями комплексной застройки являются:

1) Сбалансирование развитие городского поселения, повышение уровня жизни населения, путем улучшения качества возводимых объектов;

2) Выполнение федеральных государственных программ в сфере жилищного строительства;

3) Развитие транспортной, инженерной, социальной инфраструктур;

4) Благоустройства территории городских районов;

5) Создание привлекательных условий для бизнеса и инвесторов.

В градостроительной сфере различают несколько видов комплексного развития территории, оно может касаться как отдельных микрорайонов города, в границах нескольких элементов планировочных структур, так и в пределах целого поселения.

Таким образом, комплексная застройка – это строительство не только жилого сектора, состоящего из многоквартирных домов, но и активное развитие инфраструктуры, объектов социального назначения, общее развитие «мини-города», планирование будущего района и доступность перемещения внутри такой застройки.

Наряду с жилой зоной, первичном звеном комплекса также являются учреждения обслуживания, которые используются населением каждый день, детские сады, общеобразовательные школы, магазины, детские и спортивные площадки. Такие элементы должны быть объединены единым функциональным построением, системами инженерно-технического обеспечения, а также создавать общий архитектурный ансамбль, и при этом находиться в шаговой доступности от человека [3].

Современные жилые комплексы возводятся с так называемой «тихой зоной» или закрытом двором. Многие застройщики стали отказываться от сквозных проездов, которые зачастую становятся местом парковки огромного количества автомобилей, нарушающих эстетический вид и функциональность внутренних дворов. У закрытых дворов масса преимуществ, в том числе:

- безопасность – попасть во внутреннюю территорию смогут исключительно жильцы дома;
- двор без машин – масса свободного места и сохранения благоустройства территории;
- эстетичность – за внутренним двором будет проще ухаживать как собственными силами жильцов, так и управляющим компаниям.

Отдельное внимание стоит уделить развитию инфраструктуры таких комплексов. При точечной застройке в большинстве случаев инфраструктуре отводилось малое внимание, в основном застройщики

возлагали нагрузку от жилых домов на действующие транспортные системы, объекты инженерно-технического обеспечения и социально-бытовую сферу. В понятии комплексная застройка на государственном уровне закреплена обязанность застройщика возводить объекты инфраструктуры.

Инфраструктуре уделяется отдельное внимание еще на стадии планирования районов, поскольку в данный момент на рынке жилищной сферы сложилась ситуация, при которой покупатель стремиться приобрести квадратные метры жилья и при этом в обязательные требования входит наличие развитой транспортной и социальной сферы. Поднимая вопрос инфраструктуры, в первую очередь при планировании стоит задуматься о возведении детский садов и общеобразовательных школ, так как современные жилые комплексы в большей степени ориентированы на молодые семьи.

На следующем месте после образовательной сферы идет социально-бытовая, наличие в шаговой доступности магазинов стало необходимостью в XXI веке. Наличие таких магазинов существенно снижает нагрузку на транспортную систему, позволяет сократить время передвижения между различными объектами комплекса. Далее задумываясь о спортивной сфере, комплексная застройка предлагает возведение бассейнов, как открытого, так и закрытого типов, спортивных площадок и центров, различных беговых и велосипедных дорожек. Не стоит забывать про обеспечение населения доступной медициной.

При реализации проекта комплексной застройки, необходимо задуматься об обеспечении населения рабочими местами. Возведение объектов промышленного назначения позволит решить данную задачу.

Ввод жилого сектора значительно опережает развитие инфраструктуры, что является основной проблемой комплексных проектов. В том числе, отсутствие программы компенсации муниципальными и региональными образованиями затрат, которые несут строительные компании. И одно из ключевых факторов – продолжительность возведение комплексной застройки, микрорайона составляет в среднем порядка 10 лет. Это является и фактором риска в условиях современной рыночной экономики. Фактор времени и экономический фактор тесно связаны.

Реализация объекта требует значительные инвестиционные и временные ресурсы. Это, как следствие, означает достаточно сложную структуру стоимости, которую необходимо обосновать в виде итоговой стоимости затрат проекта [4].

Таким образом, комплексная застройка есть будущее в развитии городов. Строительство микрорайонов с развитой социальной, экономической, транспортной, инженерной и экологической инфраструктурой обеспечит комфортное проживание человека. Но стоит

учесть, что только поддержка на государственном уровне обеспечит планирование, и увеличение темпов строительства микрорайонов.

Список литературы

1. *Управление строительством. Часть первая. Организационные модели управления и контрактные конструкции объекта капитального строительства: Учебник в 2-х частях и Практикум (Часть 3), 4-ое изд. переработ. и доп./Под общ. науч. ред. проф. Грабового, проф. А.А. Лапидуса – Москва: Издательство АСВ, Издательство «Просветитель», 2022. - 484 с.*
2. *Гарицкая, М.Ю. Экологические особенности городской среды / М.Ю. Гарицкая, А.И. Байтелова, О.В. Чекмарева; Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2012.- 216 с.*
3. *Скок А.В., к.б.н., доц., Родионова А.С Экология урбанизированных территорий: материалы российско-китайской конференции. (Брянск, 25-27 мая 2017 г.) /Брян. гос. инженер.-технол. ун-т. – Брянск, 2017. - 191 с*
4. *Доценко-Белоус Н. А. Правовая энциклопедия инвестирования строительства: практическое пособие [Электронный ресурс]. http://www.financial-strategies.com.ua/natalia-dotsenkobelous/biography*
5. *Саенко И. А. Особенности реализации инвестиционных проектов комплек сной застройки жилых микрорайонов / И. А. Саенко, Е. В. Хачатурян [Электронный ресурс]. https://moluch.ru/conf/stud/archive/400/16665/.*

УДК 624.151

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ЖИЛОГО ДОМА

***Хрянина Ольга Викторовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры геотехники и дорожного строительства*
***Радаев Владимир Алексеевич**, магистрант*
***Есимкин Максим Анатольевич**, магистрант*
***Волков Кирилл Олегович**, бакалавр*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Исследуется вопрос по выбору оптимального варианта фундаментов под жилой дом. Учитывая сложный характер напластования грунтов, существенное различие физико-механических характеристик грунтов, высокий уровень грунтовых вод и значительные нагрузки на фундаменты, наиболее надежным вариантом следует считать свайные фундаменты. Рассмотрены два варианта фундаментов: сваи в пробитых скважинах с уширением, устраиваемые по технологии фундаментов в вытрамбованных котлованах, и забивные призматические сваи. Проведено технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов. В данных грунтовых условиях в качестве основного принят вариант фундамента из призматических свай, что позволило получить положительный экономический эффект.

Ключевые слова: оптимальный вариант фундамента, сваи в пробитых скважинах с уширением, технология фундаментов в вытрамбованных котлованах, призматические сваи, экономический эффект.

Авторами исследован вопрос по выбору оптимального варианта фундаментов под жилой дом. В конструктивном отношении проектируемое здание представляет собой–отдельно-стоящий односекционный корпус №2 объединенный подземной автостоянкой с П-образным 7-ми секционным корпусом №1 и отдельно-стоящим односекционным корпусом №3 (рис. 1).

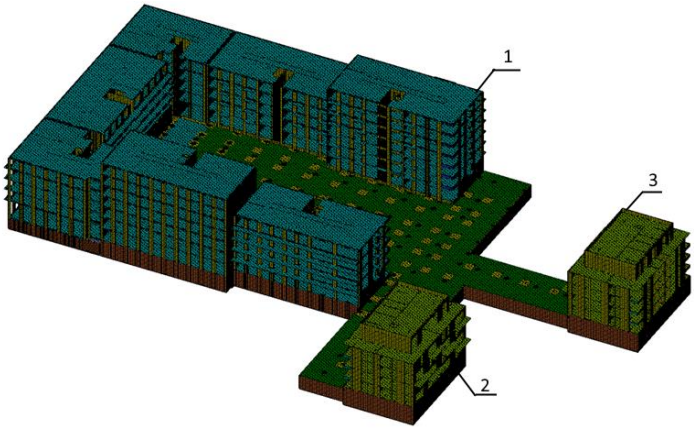


Рисунок 1. Общий вид жилого комплекса

Комплекс - переменной этажности, состоящий из пяти- и семиэтажных секций. Конструктивная схема - монолитный безригельный

каркас. Основными конструктивными элементами, обеспечивающими жесткость и устойчивость каркаса в целом, являются ядра жесткости, расположенные в лестнично-лифтовых узлах в каждой секции в монолитных железобетонных конструкциях;

Инженерно-геологические условия участка проектирования относятся к III категории сложности. По результатам выполненных инженерно-геологических изысканий толща грунтов до разведанной глубины 23 м является неоднородной, в ее пределах выделяются до семи инженерно-геологических элементов (ИГЭ), представленных насыпными грунтами, суглинками, известняком, глиной и песчаником, перекрытые почвенно-растительным слоем.

Напластования грунтов и их физико-механические показатели, необходимые для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сводная таблица показателей грунтов основания

ИГЭ	Название	Модуль деформации E, МПа	Угол внутреннего трения φ,°	Удельное сцепление c, кПа	Показатель I_L, д.е.	Плотность ρ, т/м^3
1	Почвенно-растительный слой	-	-	-	-	-
НС	Насыпной грунт	26,9	17	86	0,05	1,99
3а	Суглинок твердый, полутвердый непросадочный	28,7	23	14	0,01	1,98
3б	Суглинок тугопластичный непросадочный	11,5	9	17	0,45	1,94
3в	Суглинок твердый, полутвердый непросадочный	8,6	9	16	0,63	1,97
10б	Известняк маловлажный выветрелый	30,8	38	15	0,07	2
12	Глина твердая, полутвердая непросадочная	81,2	16	78	-0,08	1,98
13	Песчаник тонкозернистый	37,4	19	77	0,3	2,03

Подземные воды вскрыты практически во всех скважинах на площадке изысканий и представлены четвертичным (на глубине 5,5-8,5 м) и пермским водоносными горизонтами (на глубинах 8,0-18,2 м).

На участке изысканий площадки в пределах исследованного до глубины 23,0 м разреза выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЭ) и расчетные грунтовые элементы (РГЭ):

ИГЭ-1: Насыпной грунт суглинистый коричневый, красно-коричневый, темно-серый, неравномерно слежавшийся. Распространены повсеместно при незначительной мощности 0,3 – 4,5м.

ИГЭ-2: Суглинок. Мощность – 4,0 м.

ИГЭ-3: Глина полупластичная красно-коричневая. Мощность –15,0 м.

Сбор нагрузок на фундаменты

Для расчета следует выделить грузовые площади в характерных участках (рис. 2). Сбор нагрузок выполнен и сведен в таблицу 2.

Таблица 2

Сбор нагрузок

№ п/ п	Вид нагрузок	Ед. изм.	γ_n	A_1		A_2		A_3	
				N_{II}	N_I	N_{II}	N_I	N_{II}	N_I
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	От стен и перегородок	кН/мп	1,2	90	135	122	146	97	116
2	От междуэтажных перекрытий и полов	кН	1,3	180	234	382	496	240	312
3	От кровли	кН	1,3	43	56	78	101	56	73
4	От снеговой	кН	1,4	9	13	17	24	12	17
5	От полезной нагрузки	кН	1,3	7	9	12	16	9	12
	∑			292	375	602	783	389	500

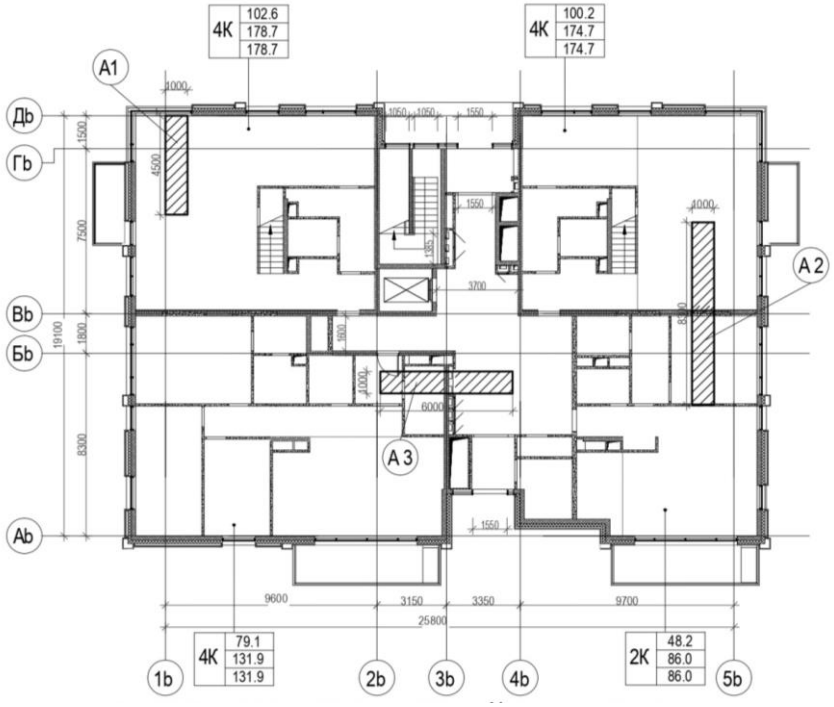


Рисунок 2. Грузовые площади

Расчёт и проектирование свай принудительного погружения

Для вычисления несущей способности сваи составим расчётную схему (рис. 3, табл. 3).

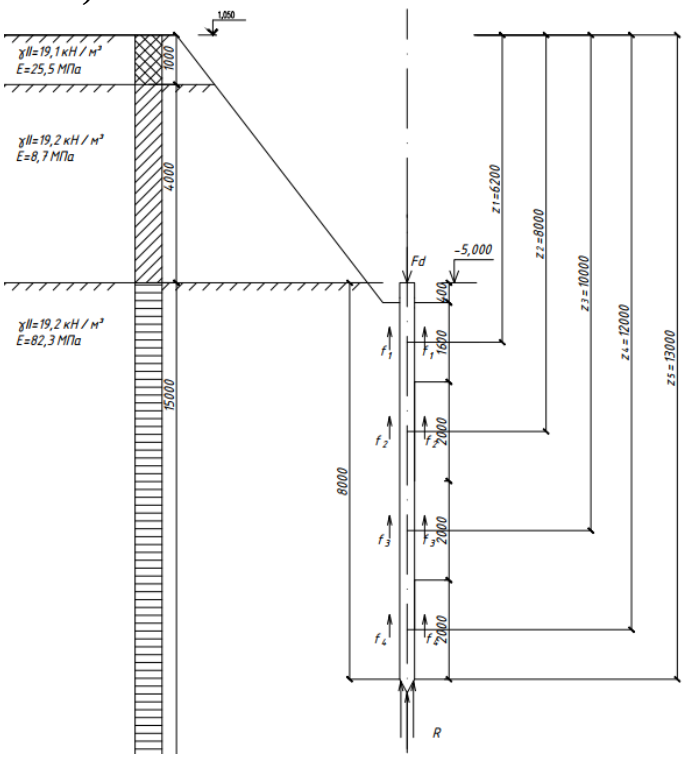


Рисунок 3. Расчётная схема сваи принудительного погружения

Таблица 3

К определению несущей способности сваи

№ точки	Глубина точки z_i, м	Мощность условного слоя h_i, м	Расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности сваи f_i, кПа
1	6,2	1,6	30
2	8,0	2	31,6
3	10	2	32,6
4	12	2	34
5	13	2	R = 2542

Несущая способность сваи определяется как:

$$F_d = \gamma_c (RA\gamma_{\text{ск}} + u \sum_{i=z}^{n} f_i h_i \gamma_{cf}) \quad (1)$$

где $\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы сваи в грунте;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;

A – площадь опирания на грунт сваи, м^2, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто;

$\gamma_{\text{ск}} = 1$ – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи;

u – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

f_i – расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа;

h_i – толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cf} = 1$ – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи.

Таким образом, несущая способность сваи:

$$Fd = 1(2542 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}3 \cdot 1 + 0.3 \cdot 4 \cdot (30 \cdot 1{,}6 + 31{,}6 \cdot 2 + 32{,}6 \cdot 2 + 34 \cdot 2 + 65 \cdot 0{,}8 \cdot 1) \cdot 1) = 985{,}6 \text{ кН}.$$

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю исходит из несущей способности сваи и определяется по формуле:

$$N_{\text{р.д.}} = \frac{F_d}{\gamma_{c,g}\gamma_n} \quad (2)$$

где F_d – несущая способность сваи;

$\gamma_{c,g}$ – коэффициент надежности по грунту, принимаемы равным 1,25- если несущая способность сваи определена расчетом с применением таблиц свода правил, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта;

$\gamma_n = 1$ – коэффициент надежности по ответственности сооружения.

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю:

$$N_{\text{р.д.}} = \frac{985{,}6}{1{,}25 \cdot 1} = 788 \text{ кН}.$$

Длина забивной сваи под стены здания подбирается из условия шага свай под стены здания:

$$c \geq \frac{N_{\text{р.д.}}}{N_I + Q_{\text{р-ка}}}, \quad (3)$$

где $N_{\text{р.д.}}$ – расчётно-допускаемая нагрузка на сваю;

N_I – расчётная нагрузка на сваю от наземных конструкций;

$Q_{\text{р-ка}}$ – вес ростверка;

$$Q_{\text{р-ка}} = bh\rho * 1\text{м.п.} = 0{,}5 \text{ м} * 0{,}3 \text{ м} * 25\frac{\text{кН}}{\text{м}^3} * 1\text{м.п.} = 3{,}75 \text{ кН}.$$

Шаг свай под стены здания:

$$c = \frac{788}{783 + 3{,}75} = 1 \text{ м},$$

при этом $3d = 0{,}9 < c = 1{,}2 < 6d = 1{,}8$.

$$N \leq N_{\text{р.д.}} \quad (4)$$

где N– нагрузка передаваемая на сваю;

$$N = \frac{N_I + Q_{\text{р-ка}}}{n}. \quad (5)$$

где n – количество свай в ряду

$$N = \frac{783 + 3{,}75}{1} = 786{,}75$$

$$N = 786\text{кН} \leq N_{\text{р.д.}} = 788\text{кН}$$

Расчет осадки забивной одиночной сваи не производится т.к, в процессе погружения последней под острием формируется уплотненная область грунта. В указанной области модуль деформации грунта увеличивается в 3÷4 раза. Поэтому для одиночных свай осадки реализуются, главным образом, в зоне уплотнения и поэтому незначительны, что позволяет не делать расчет.

Расчёт и проектирование свай в пробитых скважинах

Сваи в пробитых скважинах устраиваются по технологии фундаментов в вытрамбованных котлованах.

Подбор размеров данной сваи заключается в нахождении её диаметров нижней и верхней части наклонной грани, где учитывается угол наклона боковой грани, а также в нахождении диаметра уширения под сваей.

Задаёмся величиной диаметра нижней части грани $d_н$ = 0,5 м. Тогда диаметр верхней части находится как:

$$d_в = d_н + 2 \cdot i \cdot l_2, \quad (6)$$

где i – наклон боковой грани;

l_2 – проекция длины наклонной грани.

$d_в = 0{,}4 + 2 \cdot 0{,}025 \cdot 4 = 0{,}5$ м.

Диаметр уширения принимается $D_у = 2d_н = 2 \cdot 0{,}4 = 0{,}8$ м.

Находим несущую способность сваи по формуле:

$$F_d = \gamma_c\left(\gamma_R R_y A_y + \gamma_f \sum(l_1 f_i u_1)\right), \quad (7)$$

где $\gamma_c = 1$ – коэффициент условий работы сваи в грунте;

$\gamma_R = 1$;

R_y – расчётное сопротивление грунта под уширением, кПа;

A_y – площадь уширения, м^2;

$\gamma_f = 1$;

l_1 – длина ненаклонной грани сваи, м;

f_i – расчётное сопротивление грунта вдоль боковых граней, принимаемое по таблице как для призматических свай, кПа;

u_1 – периметр ненаклонной грани, м;

$E_k = \frac{E}{4}$ – компрессионный модуль деформации, кПа;

$\zeta_R = 0{,}8$ – реологический коэффициент;

k – коэффициент, зависящий от вида грунта.

Таблица 4

К определению несущей способности сваи

№ точки	Глубина точки z_i, м	Расчетное сопротивление грунта основания на боковой поверхности сваи f_i, кПа
1	5900	28,9
2	7,4	30,7
4	9,063	R_y = 2134

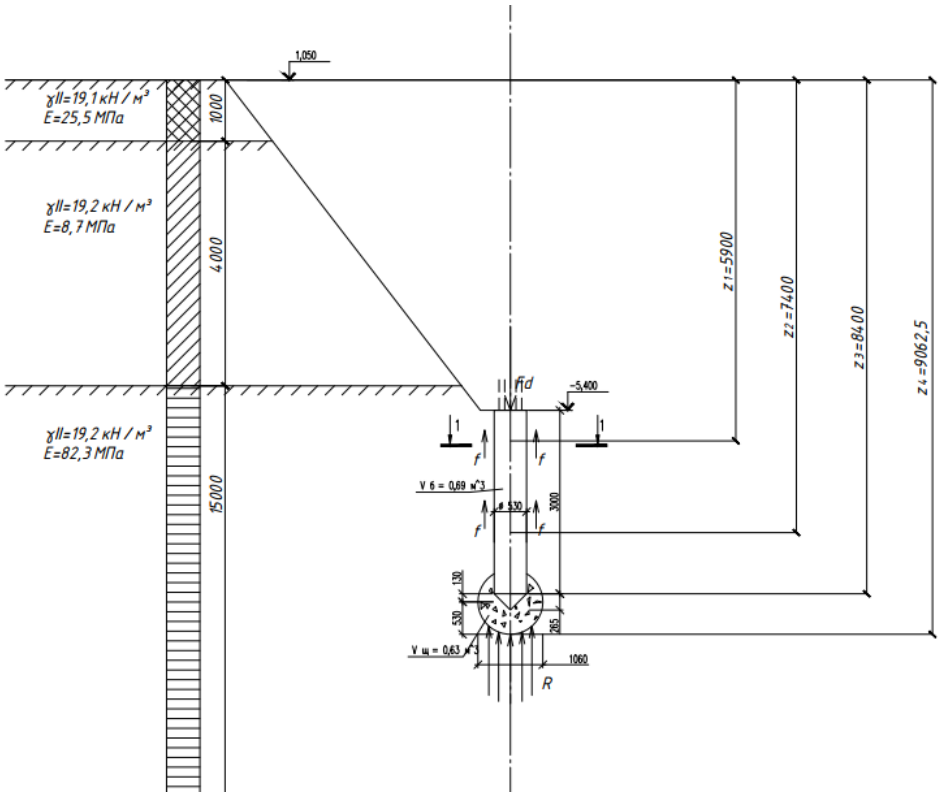


Рисунок 4. Расчетная схема сваи СПС

$$f_н = 30{,}7 + 20{,}575 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}025 = 31{,}07 \text{ кПа};$$

Определяем несущую способность:

$$F_d = 1\big(1 \cdot 2134 \cdot 0{,}5 + 1(1 \cdot 28{,}9 \cdot 1{,}57 + 2 \cdot 31{,}07 \cdot\ 1{,}42)\big) = 2025 \text{ кН}.$$

Шаг свай определяется по формуле:

$$c \geq \frac{N_{\text{р.д.}}}{N_I + Q_{\text{р-ка}}}, \qquad (8)$$

где $N_{\text{р.д.}}$ – расчётно-допускаемая нагрузка на сваю;

N_I – расчётная нагрузка на сваю от наземных конструкций;

$Q_{\text{р-ка}}$ – вес ростверка;

при этом $3d_в = 1{,}5 < c < 6d_в = 3$. Также расстояние между осями свай должно быть ≥ 1 м.

Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю:

$$N_{\text{р.д.}} = \frac{F_d}{\gamma_{c,g}\gamma_n} = \frac{2025}{1 * 1{,}25} = 1687 \text{ кН}.$$

Вес ростверка:

$$Q_{\text{р-ка}} = bh\rho * 1\text{м.п.} = 0{,}7 * 0{,}5 * 25\frac{\text{кН}}{\text{м}^3} * 1\text{м.п.} = 8{,}75 \text{ кН}.$$

где $b = d_в + 0{,}2 = 0{,}5 + 0{,}2 = 0{,}7$ м – ширина ростверка;

Шаг свай:

$$c = \frac{1687}{783 + 8{,}75} = 2{,}13 \text{ м}.$$

$$3d_в = 1{,}5 < 2 < 6d_в = 3.$$

Расчёт осадки

Расчёт осадки ведётся на примере наиболее нагруженного фундамента с учётом расчётной нагрузки, принятой с коэффициентом перегрузки, равным 1.

Нагрузка на фундамент составит:

$$N = N_{II} + Q_{\text{р-ка}} = 602 + 8{,}75 = 611\text{кН}.$$

Расчёт сводится к определению осадки фундамента с площадью подошвы:

$$\text{A}_\text{у} = \frac{\pi D_\text{у}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1{,}6^2}{4} = 2\ \text{м}^2.$$

Давление под подошвой фундамента:

$$P_\text{у} = \frac{N}{\text{A}_\text{у}} = \frac{602}{2} = 301\ \text{кПа}.$$

Разбиваем грунтовую толщу на слои $h_i \leq 0{,}4D_\text{у} = 0{,}4 * 1{,}6 = 0{,}64$ м.

Слои, природное и дополнительное давление, нижняя граница сжимаемой толщи, геометрия сваи показаны на рис.5.

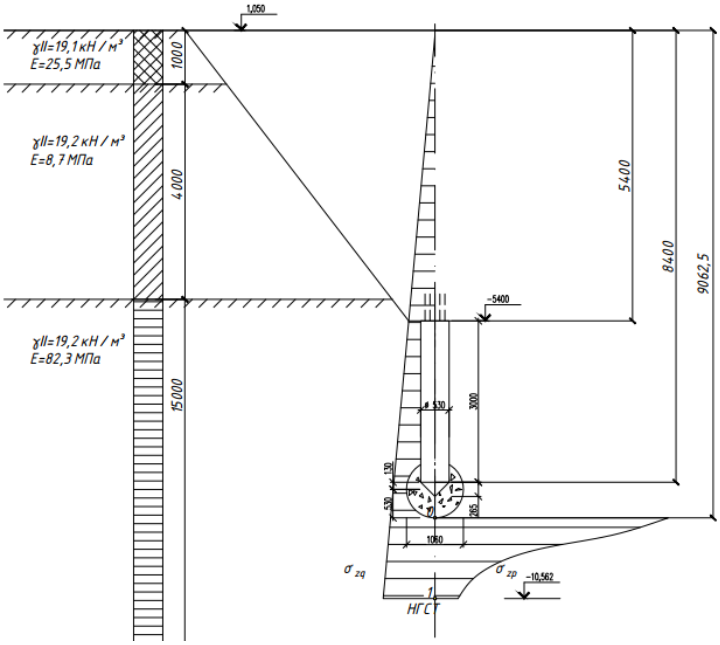


Рисунок 5. К расчёту осадки свайных фундаментов

Определяем природное давление в характерных точках:

$$\sigma_{zqi} = \sum \gamma_{II} h_i. \tag{9}$$

Определяем дополнительное давление в уровне подошвы фундамента:

$$\sigma_{zp0} = P_0 = P_\text{у} - \sigma_{zq0} = 301 - 164 = 137\ \text{кПа}.$$

Определяем дополнительное давление в характерных точках:

$$\sigma_{zpi} = P_0 \alpha, \tag{10}$$

где α – безразмерный коэффициент, зависящий от геометрических параметров фундамента и глубины нахождения точки, определяемый по табл. 5.8 СП 22.13330.2016.

Расчёт осадки ведётся в пределах сжимаемой толщи. Определяем нижнюю границу сжимаемой толщи (НГСТ):

Если E < 7 МПа, условие НГСТ: $\sigma_{zp} \leq 0{,}2\sigma_{zq}$;

Если E ≥ 7 МПа, условие НГСТ: $\sigma_{zp} \leq 0{,}5\sigma_{zq}$.

Таким образом, НГСТ находится в точке под номером 5.

Расчёт осадки ведётся методом послойного суммирования:

$$S = \beta \sum \frac{\sigma_i h_i}{E_i} \tag{11}$$

где $\beta = 0{,}8$;

σ_i – дополнительное давление в середине слоя.

Расчёт осадки ведётся из условия, что $S \leq S_u$, где S_u – предельно допустимая осадка, зависящая от конструктивных особенностей надземной части здания.

В данном случае $S_u = 10$ см. Учитываем, что модуль деформации основания в зоне уширения равен 20 МПа.

$$S = 0{,}8\left(\frac{0{,}6 \cdot 98}{82300}\right) = 0{,}00056 \text{ м} = 0{,}06 \text{ см} < S_u = 10 \text{ см}.$$

Условие выполняется, следовательно, осадка здания находится в пределах допустимых норм.

Проектирование ростверка

Общая нагрузка на ростверк составит: $q = 783\ \frac{\text{кН}}{\text{мп}}$.

Требуется подобрать армирование монолитного ростверка под несущую стену здания. Монолитный ростверк выполняется из бетона класса B20 W6 F150 и армируется каркасами, выполненными из арматуры класса A500. Высота ростверка 300 мм, ширина – 500 мм. Сваи забивные с Ø300 мм.

Расчет ростверка выполняется как расчет многопролетной балки на упругом основании, находящейся под действием сосредоточенных сил (реакций свай).

Момент инерции сечения ростверка:

$$I_{\text{р}} = \frac{b_{\text{р}} h_{\text{р}}^3}{12} = \frac{0{,}5 * 0{,}3^3}{12} = 0{,}0113 \text{ м}^4$$

где $b_{\text{р}}$ – ширина ростверка, м;

$h_{\text{р}}$ – высота ростверка, м.

Модуль упругости материала ростверка $E_{\text{р}} = 27{,}0 \cdot 10^3$ (бетон B20).

Модуль упругости материала конструкции, опирающейся на ростверк $E_{\text{к}} = 16{,}0 \cdot 10^3$ МПа. Ширина конструкции, опирающейся на ростверк $b_{\text{к}} = 0{,}3$ м.

Длина полуоснования эпюры нагрузки:

$$a = 3{,}14\sqrt[3]{\frac{E_{\text{р}}I_{\text{р}}}{E_{\text{к}}b_{\text{к}}}} = 3{,}14\sqrt[3]{\frac{27{,}0 * 10^3 * 0{,}0113}{16{,}0 * 10^3 * 0{,}3}} = 0{,}82 \text{ м.}$$

Расстояние между сваями в свету при шаге свай 0,901 м: $L_{св}$ =0,9 - 0, 3 = 0,6 м.

Расчетный пролет ростверка: L_p = 1,05$L_{св}$ = 1,05*0,6 = 0,63 м.

Так как $L_{св}/2$ = 0,3 м < a = 0,82 м, то опорный и пролетный моменты определяются по формулам:

$$M_{\text{оп}} = \frac{-q_0 a(2L_p - a)}{12} = \frac{-783 * 0{,}82(2 * 0{,}63 - 0{,}82)}{12} = -23{,}54 \text{ кНм.}$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{q_0}{24}\left[2\left(6L_p^2 - 4aL_p + a^2\right) + \frac{L_p^3\left(L_p - 6a\right)}{a^2}\right] =$$

$$= \frac{783}{24}\left[2(6 * 0{,}63^2 - 4 * 0{,}6 * 0{,}63 + 0{,}82^2) + \frac{0{,}63^3(0{,}63 - 6 * 0{,}82)}{0{,}82^2}\right]$$

$$= 8{,}35 \text{ кНм.}$$

Поперечная сила определяется по формуле:

$$Q = \frac{q_0 L_p}{2} = \frac{783 * 0{,}63}{2} = 246{,}645 \text{ кН.}$$

Определим площадь сечения арматуры нижней зоны ростверка. Защитный слой бетона принимаем равным 60 мм. Тогда h_0 = 600 - 60 = 540 мм.

$$\alpha_m = \frac{M_{\text{пр}}}{R_b b h_0^2} = \frac{8{,}35}{11{,}5 * 1000 * 0{,}5 * 0{,}3^2} = 0{,}016 \rightarrow \xi_1 = 0{,}988.$$

Требуемую площадь сечения растянутой арматуры определяем по формуле:

$$A_s = \frac{M_{\text{пр}}}{R_s \xi_1 h_0} = \frac{8{,}35}{435 * 1000 * 0{,}988 * 0{,}3} = 0{,}0000648 \text{ м}^2 = 0{,}648 \text{ см}^2$$

Принимаем арматуру 4Ø5А500 (A_s = 0,79 см^2).

Определим площадь сечения арматуры верхней зоны ростверка. Защитный слой бетона принимаем a' = 60 мм. Тогда h_0 =600-60 = 540 мм.

$$\alpha_m = \frac{M_{\text{оп}}}{R_b b h_0^2} = \frac{23{,}54}{11{,}5 * 1000 * 0{,}5 * 0{,}3^2} = -0{,}045 \rightarrow \xi_1 = 0{,}988.$$

Требуемую площадь сечения растянутой арматуры определяем по формуле:

$$A_s = \frac{M_{\text{оп}}}{R_s \xi_1 h_0} = \frac{23{,}54}{435 * 1000 * 0{,}988 * 0{,}3} = 0{,}000182 \text{ м}^2 = 1{,}82 \text{ см}^2$$

Принимаем арматуру 2Ø12А500 (A_s=2,26 см^2). Проверим необходимость постановки поперечной арматуры согласно условию:

$$Q \leq Q_{b,min} \qquad (12)$$

где Q = 162,28 кН - расчетная поперечная сила на опоре;

$$Q_{b,min} = 0{,}5 R_{bt} b h_0 = 0{,}5 * 0{,}9 * 1000 * 0{,}5 * 0{,}3 = 67{,}5 \text{ кН.}$$

Так как условие не выполняется – $Q = 162{,}28$ кН $\geq Q_{b,min} =$ 67,5 кН, то необходим расчёт хомутов $Q_{sw} = Q - Q_{b,min} =$ 162,28–67,5= 94,78 кН.

$$q_{sw} = \frac{Q_{sw}}{h_0} = \frac{94{,}78}{0{,}3} = 315{,}9\,\frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

$$A_{sw} = \frac{q_{sw}S}{R_{sw}n} = \frac{315{,}9 * 0{,}2}{300 * 1000 * 4} = 0{,}0000526\ \text{м}^2 = 0{,}53\ \text{см}^2.$$

Примем поперечную арматуру Ø6А500, A_{sw} = 0,57 см^2 с шагом S = 200 мм.

Технико-экономическое сравнение вариантов фундамента

Критерием сравнения экономической эффективности является минимум приведенных затрат. Определена сметная стоимость двух видов фундаментов по укрупненным расценкам, последние включают стоимость материалов, эксплуатации машин и механизмов, а также трудозатраты. Для данного здания с заданными грунтами наиболее экономически эффективный фундамент на забивных сваях стоимостью 2109970 р.

Таблица 5

Технико-экономическое сравнение вариантов фундаментов

Вариант	Эскиз	V, м³	Сметная стоимость узел, тыс.руб*м	Общая смет ная стоимость тыс.руб.	Экономическая эффективность
Сваи в пробитых скважинах		0.66	41	2972	0%
Свая забивная		0,72	13,7	2109	30% (860 тыс. руб.)

Вообще фундаменты в пробитых скважинах за счет уширения и дешевого щебня эффективны, но в данных грунтовых условиях грунты довольно прочные и высокая несущая способность забивной сваи. В нашем случае несущая способность сваи по грунту и по материалу близка, а это значит, что конструкция весьма эффективна.

В качестве основного варианта фундамента были приняты забивные сваи, что позволило получить положительный экономический эффект в 860 тыс. руб.

До массового устройства свайного поля предусматривается проведение статических испытаний десяти свай. По две сваи для каждого характерного геологического разреза в пределах пятна проекции здания.

Список литературы

1. *Глухов В.С, Хрянина О.В., Глухова М.В. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск, 2011. № 5-2. С. 351а-354.*
2. *Кошкина Н.В. Геотехническое обоснование условий строительства: учеб.пособие/ Н.В. Кошкина, О.В. Хрянина. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. 196 с.*
3. *Хрянина О.В., Астафьев М.В. Выбор оптимального размера фундамента в пробитых скважинах в зависимости от показателей текучести глинистых грунтов. В сборнике: Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Международной научно-практической конференции. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014. С.87-94.*

УДК 62-408.64

3D-MID-ТЕХНОЛОГИЯ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧНОСТИ ЗАУШНЫХ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ

***Шатеева Анфиса Владимировна**, магистрант*
***Емельяненко Алексей Александрович**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии*

Волгоградский государственный университет, Волгоград

Рассмотрено применение 3D-MID-технологии в качестве конструктивного и технологического фактора обеспечения эргономичности заушных слуховых аппаратов. Приведены конструктивные и функциональные особенности заушных слуховых аппаратов, позволяющие рассматривать применение 3D-MID-технологии к конструированию и изготовлению подобных устройств. Показана возможность и целесообразность применения 3D-MID-технологии для изготовления устройств. Приведен технологический маршрут изготовления устройств на базе 3D-MID-технологии.

Ключевые слова: 3D-MID-технология, эргономичность, заушный слуховой аппарат.

В последние годы технологии 3D-MID[1] занимают все большее место в проектировании и производстве приборов, в том числе медицинского назначения. Суть технологии заключается в формировании сложной пространственной формы изделия, сочетающей в себе как заданные механические (корпусные, несущие, опорные, базовые и т.п.) функции, так и функции печатного электромонтажа на криволинейных поверхностях, то есть в возможности получения сложной криволинейной геометрии печатных узлов и формировании в этих узлах металлизированных токопроводящих путей. Другими словами, 3D-MID-технология позволяет интегрировать электрические и механические функции в трехмерной структуре, упростить состав изделия, обеспечить компактность при формировании эргономичной формы изделия.

Заушные слуховые аппараты являются важным средством помощи людям с нарушениями слуха. Они относятся к категории аппаратов воздушной проводимости и представляют собой электроакустические устройства, которые помещаются за ушной раковиной пациента, усиливают звук и направляют его по звуководу в наружный слуховой проход. В заушном слуховом аппарате реализована общая функциональная схема слуховых аппаратов (рисунок 1). Основными функциональными узлами заушного слухового аппарата являются (рисунок 2):

[1] 3D-MID - пространственная геометрическая модель на базе литого монтажного основания (Molded Interconnect Devices)

– микрофон, принимающий звук и преобразующий его в электрический сигнал;

– усилитель, принимающий сигнал от микрофона и посылающий его затем в ресивер;

– ресивер (звукоизлучатель, телефон), преобразующий электрический сигнал в звук и посылающий его через звуковод и ушной вкладыш в наружный слуховой проход;

– регулятор громкости (элемент управления);

– элемент питания (батарейный отсек);

– звуковод и ушной вкладыш, служащие каналом для передачи звука в наружный слуховой проход.

Основной проблемой производства заушных слуховых аппаратов является необходимость компактного размещения перечисленных составных частей (кроме звуковода и вкладыша) и интегрирующего их печатного узла в корпусе наименьших размеров анатомически удобной формы. Ведь печатный узел (плата) традиционно имеет плоскую прямоугольную форму (иногда многослойную), а корпус должен иметь плавные криволинейные (в идеале – анатомические) обводы. Пример заушной части слухового аппарата приведен на рисунке 3, а [4].

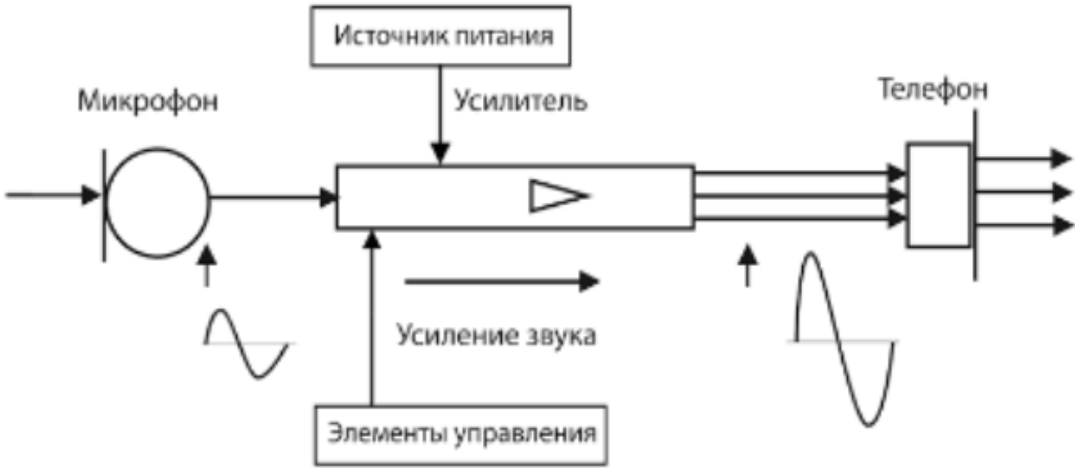


Рисунок 1. Функциональная схема слухового аппарата

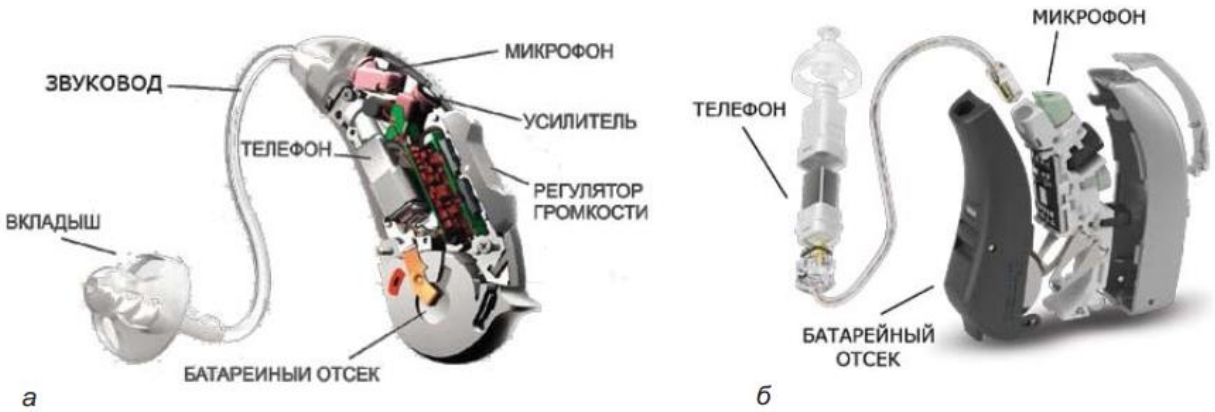


Рисунок 2. Заушные слуховые аппараты:
а – традиционный, б - с выносным ресивером

Кроме того, необходимость разделения в конструкции аппарата печатного узла и шасси (несущей части) корпуса обусловливает многоэтапность технологии изготовления аппарата, которая увеличивает трудоемкость и затраты на его изготовление, что, в свою очередь, влияет на конечную цену для потребителя. Это ограничивает доступность слуховых аппаратов для многих людей, страдающих нарушениями слуха.

В то же время обеспечение взаимозаменяемости составных частей и автоматической собираемости аппаратов исключают возможность проектирования и изготовления индивидуальных слуховых аппаратов, обладающих индивидуальной, анатомически отвечающей пользователю, формой.

Решение проблемы видится в применении к конструированию и изготовлению заушных слуховых аппаратов 3D-MID-технологии, позволяющей объединить в одно целое печатный узел и шасси аппаратной части слухового аппарата, то есть преодолеть традиционно плоскую форму печатного узла, и, тем самым, преодолеть вышеперечисленные ограничения, сделать возможным индивидуальное проектирование и изготовление слуховых аппаратов, не превышающим по затратам серийное производство.

В этом случае печатный узел аппаратной части приобретает пространственную форму и становится одновременно шасси устройства (рисунок 3, б [4]). Его форма может корректироваться в зависимости от требуемых обводов корпуса аппаратной части, соответствующих анатомическим особенностям каждого пользователя. Процесс изготовления каждого заушного слухового аппарата в этом случае должен начинаться с корректировки обводов корпуса и формы шасси слухового аппарата применительно к анатомическим особенностям пользователя.

Эта техническая процедура может осуществляться оцифровкой слепка заушной области пациента и копированием поверхностей цифрового слепка на прилегающие поверхности 3D-модели слухового аппарата.

В целом конструкторско-технологический маршрут процесса проектирования и изготовления аппаратной части заушного слухового аппарата с применением 3D-MID-технологии должен иметь следующую структуру:

1. Формулировка технических требований и ограничений, выбор материалов.

Этап включает в себя определение требований к геометрии и функциональности (расположение и ориентация микрофона, расположение ресивера), учет эргономики формы, жесткости и прочности конструкции. Здесь необходимо учесть возможности формирования токоведущих слоев, размещение внутренних металлических проводников или диэлектрических слоев. Производится выбор полимерного материала монтажного основания и металлического материала токоведущих слоев.

Материал монтажного основания следует выбирать из полимеров-диэлектриков, способных к аддитивному формообразованию тем или иным способом, например, фотополимеризацией или способом струйного (инжекционного) нанесения.

Материалом токоведущих частей обычно выбирается металл с высокой электропроводностью: медь, никель, серебро, золото. Однако применение 3D-MID-технологии позволяет расширить этот выбор до специальных токопроводящих полимеров – углепластиков, способ нанесения которых на основание также является аддитивным.

2. Создание 3D-модели.

Этап заключается в создании электронной 3D-модели изделия: заушного слухового аппарата, включая печатный узел – шасси аппаратной части. 3D-модель здесь является пространственным геометрическим и физическим представлением и способом визуализации изделия, определяющим состав, материал составных частей изделия и предоставляющим возможность виртуального тестирования изделия. Создание 3D-модели изделия сопровождается виртуальным тестированием с целью минимизировать корректировку проекта и доработку изделия после его изготовления и натурного тестирования. Подготовка электронной 3D-модели изделия осуществляется в одной из CAD-систем, таких как КОМПАС-3D, Autodesk Inventor, SolidWorks и пр.

а *б*

Рисунок 3. Составные части заушного слухового аппарата:
а – заушная (аппаратная) часть; б – пространственный печатный узел - шасси аппаратной части (этапы изготовления: 1 – струйное формообразование основания, 2 – лазерное структурирование, 3 – металлизация)

3. Формообразование монтажного основания

Этап состоит в изготовлении монтажного основания – несущей (базовой) части аппарата. Вариантами формообразования монтажного

основания могут быть струйная (инжекционная) печать, послойная фотополимеризация, двухстадийное литье и др.

Двухстадийное литье - процесс создания одной детали из двух разных пластиков, где только один из них подвержен осаждению металла.

4. Металлизация.

Процесс включает использование гальванического осаждения металлических слоев. Для этого используется специальное гальваническое оборудование, которое позволяет осаждать металлические слои на поверхность детали.

Процесс состоит из нескольких этапов, включая очистку поверхности детали, нанесение специального проводящего слоя (обычно никеля), а затем осаждение металлических слоев выбранных материалов (медь, серебро, золото) на поверхность детали. При этом особо важен контроль качества, толщины и равномерности металлических слоев.

Возможно механическое нанесение металлических слоев на поверхность пластика: напыление, вакуумное напыление и пр.

Этап играет ключевую роль в создании печатного узла - шасси, поскольку обеспечивает качественное и надежное соединение металлических слоев с пластиковой деталью.

Существуют и 3D-MID-технологии, позволяющие объединить этапы формообразование монтажного основания и металлизации.

Так, прямое лазерное структурирование позволяет создавать детали из специального пластика с активацией при помощи инфракрасного лазера областей под химическое нанесение металла.

Аэрозольная печать: проводящие материалы на основе наночастиц серебра или золота могут быть непосредственно напечатаны на подложке.

Лазерная объединенная синтеризация - процесс лазерной перфорации и нанесения металлических слоев на поверхность пластиковой детали.

5. Сборка.

Этап представляет собой сборку слухового аппарата на базе печатного узла – шасси, соединение токоведущих слоев печатного узла с проводниками составных частей. Этап может быть выполнен вручную или на автоматической сборочной линии, в зависимости от объема и технологической оснащенности производства.

6. Тестирование

Этап состоит из технического контроля правильности сборки и тестирования правильности работы слухового аппарата. В частности, на соответствие техническим требованиям проверяются чувствительность, частотный диапазон выходного акустического сигнала, уровень звука, уровень шума и пр. В случае индивидуального изготовления производится анатомическая примерка слухового аппарата.

Сравнение по ряду эргономических критериев заушных слуховых аппаратов, изготовленных существующими способами, с аналогичными

аппаратами, созданными с использованием 3D-MID-технологий [4], позволяет сделать следующие выводы:

1. Качество звука: поскольку применение 3D-MID-технологии позволяет выполнить кратчайшими токоведущие пути, минимизировав тем самым внутренние наведенные помехи, то изготовленные таким способом слуховые аппараты передают звук с максимальной четкостью и минимальным уровнем шума в более широком диапазоне частот, что и означает более высокое качество звука.
2. Удобство использования: компактность, миниатюризация за счет совмещения функций печатного узла и шасси в одном монтажном основании, учет индивидуальных анатомических особенностей пользователя в форме корпуса – все это обеспечивает более комфортное ношение и надежное крепление слухового аппарата.
3. Функциональность: снижение энергопотребления за счет сокращения длин проводников, возможность интеграции дополнительных функций (датчиков, светодиодов) повышает функциональность устройства.
4. Дизайн: возможность создания индивидуального и стильного дизайна устройства делает устройство более привлекательным и современным.

Все перечисленные критерии являются аспектами эргономического обеспечения этапов жизненного цикла слухового аппарата: от его проектирования до эксплуатации, и, в конечном счете, обеспечивают улучшение качества жизни человека с нарушением слуха.

Список литературы

1. *Волков И. Технология 3D-MID. Новые возможности прототипирования изделий// Электроника: Наука, технология, бизнес. 2013. № 3(125). С. 170-175.*
2. *Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В. Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств.- М.: Техносфера, 2019. 210 с.*
3. *Томас Х. 3D-MID для защиты кассовых терминалов// Технологии в электронной промышленности. 2021. №5. С. 36-37.*
4. *Franke J. 3D-MID: Three-Dimensional Molded Interconnect Devices.- Munich: Hanser, 2014. 356 p.*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА 4
Аверкин Александр Григорьевич, Аверкин Юрий Александрович

ФУНДАМЕНТЫ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПОДГОТОВКОЙ НА СИЛЬНОДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ 9
Глухов Вячеслав Сергеевич, Хрянина Ольга Викторовна, Есимкин Максим Анатольевич, Волков Кирилл Олегович

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГЕОПОЛИМЕРНОГО ФИБРОБЕТОНА 13
Ерошкина Надежда Александровна, Харнаев Андрей Вячеславович, Коровкин Марк Олимпиевич, Саденко Сергей Михайлович, Зорин Алексей Игоревич

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 17
Каргин Алексей Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕТОНА 23
Коровкин Марк Олимпиевич, Зенкин Владимир Владимирович, Ерошкина Надежда Александровна, Шестернин Александр Игоревич, Саденко Сергей Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ГАЗОВЫМИ ОГНЕТУШАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ 28
Королева Тамара Ивановна, Столяров Даниил Владимирович

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОЕДИНЕНИЙ НА ВКЛЕЕННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ШАЙБАХ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ 35
Мартышкин Даниил Олегович, Колесников Никита Викторович, Залилов Илья Вадимович

ПОЛНОСБОРНЫЕ БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ 43
Меркушов Антон Викторович, Мартышкин Даниил Олегович

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ 52
Обшивалкин Михаил Юрьевич, Блохин Леонид Геннадьевич

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ..... 58
Осипенко Светлана Александровна, Серазетдинов Рустам Анатольевич

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСИЛЕНИИ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.. 62
Овчинников Кирилл Алексеевич

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЕ В ДЕКОРАТИВНЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ 66
Родикова Елена Васильевна, Ерошкина Надежда Александровна, Коровкин Марк Олимпиевич, Гаёва Татьяна Сергеевна

ЛОГИКА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АВТОМОБИЛЕЙ 70
Родионов Юрий Владимирович, Рейн Сергей Владимирович

СИМБИОЗ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И АРХИТЕКТУРЫ – ДВИЖУЩАЯ СИЛА ИННОВАЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.... 75
Романенко Игорь Иванович, Петровнина Ирина Николаевна, Филинова Милана Игоревна, Гаврилина Злата Алексеевна

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА НА АЭРОДРОМАХ 82
Саксонова Елена Степановна, Ефремов Андрей Сергеевич, Сафонов Сергей Владимирович

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СУРСКОЙ ВОДЫ..... 87
Салмин Сергей Михайлович, Янюшкин Данила Александрович, Мужиков Дмитрий Владимирович, Жамков Даниил Сергеевич, Титова Виктория Евгеньевна

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОСТИ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ 91
Суменков Сергей Вячеславович, Суменков Александр Сергеевич

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ MAGICAD ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ..... 96
Фролов Михаил Владимирович, Самсонова Александра Евгеньевна, Журавлева Елена Алексеевна, Панкратов Алексей Олегович

РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРИ СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 102
Хрусталев Борис Борисович, Каргин Алексей Александрович, Асланов Дмитрий Георгиевич

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИЙ 107
Хрусталев Борис Борисович, Гутров Владимир Олегович

ЭФФЕКТИВНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ЖИЛОГО ДОМА 112
Хрянина Ольга Викторовна, Радаев Владимир Алексеевич, Есимкин Максим Анатольевич, Волков Кирилл Олегович

3D-MID-ТЕХНОЛОГИЯ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧНОСТИ ЗАУШНЫХ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ.....124
Шатеева Анфиса Владимировна, Емельяненко Алексей Александрович

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
Секция 5 – Технические науки

Сборник докладов VII Национальной научно–практической конференции
29–30 апреля 2024 г.

В авторской редакции
Ответственный за выпуск Е.А. Белякова
Верстка Е.А. Белякова

Подписано в печать 17.06.24. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 7,73. Уч.–изд. л. 8,31. Тираж 80 экз.
Заказ №121

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза ул. Г. Титова, 28.