

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК
ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

Выпуск 24 (94)

ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Архитектура

Строительные материалы

Строительные конструкции

Трубопроводный транспорт и инженерные сети

Геодезия

Обновляется 1 раз в год

Новополоцк
ПГУ
2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:
проф., д.т.н. Д.Н. Лазовский

Заместитель главного редактора:
доц., к.т.н. Д.О. Глухов

Председатель ред. совета доц., д.т.н. В.К. Липский
Зам. председателя ред. совета доц., к.т.н. А.А. Бакатович

Архитектура и строительство:

доц., к. архитектуры Г.И. Захаркина
доц., к.т.н. Е.Д. Лазовский
доц., к.т.н. А.И. Колтунов
доц., к.т.н. Л.М. Парфенова

Геодезия:

доц., к.т.н. А.М. Дегтярёв
доц., к.т.н. И.П. Шевелев
доц., к.т.н. В.В. Ялтыхов
доц., к.т.н. В.А. Бондаренко

Трубопроводный транспорт и инженерные сети:

доц., к.т.н. В.В. Булах
доц., к.т.н. Т.И. Королёва
доц., к.т.н. Л.М. Спиридёнок
доц., к.т.н. А.Г. Кульбей

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА [Электронный ресурс]. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2018. – Вып. 24 (94). Прикладные науки. Строительство. – 1 электрон. опт. диск.

Издается с 2014 года (в печатном виде – с 2004 года).

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671404562 от 30.11.2014 г.

В сборнике представлены труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета по направлениям прикладных исследований, проводимых в университете: архитектура, строительные конструкции, строительные материалы, трубопроводный транспорт, геодезия.

Предназначен для работников науки, образования и производства, будет полезен студентам, магистрантам и аспирантам университетов экономических специальностей.

Учредитель : учреждение образования «Полоцкий государственный университет»
211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 39 40 46, e-mail: vestnik@psu.by

Компьютерный дизайн *М.С. Мухоморовой*
Техническое редактирование и компьютерная верстка *Р.Н. Авласенок*

№ госрегистрации 3671404562

ISBN 978-985-531-614-6

© Полоцкий государственный университет, 2018

АРХИТЕКТУРА

УДК 379.85

ОБОСНОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАМЫСЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ЦЕНТРА В СОСТАВЕ КЛАСТЕРА «ГРОДНЕНЩИНА»

М.К. ШАВЛИС

(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОБСЕЙЧИК)

Рассматривается вопрос градостроительного замысла проектирования туристско-рекреационного центра в составе кластера «Гродненщина». Раскрывается проблема, возникшая в связи с ростом города Островец – ввиду его развития увеличивается число жителей, а соответственно и потребности населения. Сделан вывод, что новый туристско-рекреационный центр будет соответствовать современным требованиям и тенденциям и вмещать большое количество посетителей, которое предполагается благодаря большому количеству функций.

Пространственная организация застройки зависит от величины города, его хозяйственного назначения, роли в системе расселения, особенностей функциональной структуры и многих других факторов [1].

Площадь города Островец около 48, 49 км². По состоянию на 1 января 2016 года население города составляло 10239 человек.

Существующий общегородской центр города Островец геометрически отделился от центральной части города. В связи с ростом города Островец и ввиду его развития, соответственно увеличивается число жителей, растут потребности населения. Ввиду этого новый туристско-рекреационный центр должен соответствовать современным требованиям и тенденциям и вмещать большое количество посетителей, так как предполагается большое количество функций. Существующий общегородской центр может перейти в разряд районного центра.

В процессе разработки генерального плана города энергетиков были предложены несколько моделей пространственно-планировочной организации города. В качестве основной принята «экологическая модель» – формирование устойчивого пространственного каркаса, связанного с природным ландшафтом.

Основные принципы формирования города энергетиков, заложенные в генеральном плане:

- развитие по «экологической модели»;
- пространственное единство существующего (г. п. Островец) и нового города;
- необходимость дальнейшего формирования города как саморазвивающейся системы;
- реализация современных технологий и моделей планировочного и архитектурного решения городского пространства;
- завершенность и устойчивость развития города на каждом этапе его формирования.

Создание экологической модели. Реализация первого принципа предполагает активное взаимодействие города с богатым природным окружением и созданием в самом городе, в первую очередь его центре, выразительной и многообразной среды.

Пространственное единство города Островец сегодняшнего и будущего (нового) города будет обеспечено планировочно-транспортным каркасом и взаимодополняющей моделью пространственного взаимодействия двух городских центров – сложившегося исторического и создаваемого.

Формирование города как саморазвивающейся системы предполагает организацию в городе дополнительных мест приложения труда (обеспечение занятости не только на АЭС) за счет использования региональных преимуществ и инвестиционной привлекательности создаваемой городской среды. В будущем планируется размещение в городе энергетиков предприятий – проводников высоких технологий, создание условий для развития малого и среднего бизнеса, формирование логистического центра (с учетом приграничного положения города и наличия крупных автомобильных и железнодорожных магистралей международного значения).

Строительство нового города должно осуществляться на базе современных технологий строительства, инженерного обустройства, транспортного обслуживания.

Генеральным планом предложено формирование городской среды с учетом современных градостроительных требований:

- создание кварталов мало- и среднеэтажной жилой застройки в 2–4 этажа;

- формирование контрастных архитектурных композиций 5–9–16 этажей для создания выразительного силуэта города и его центра. Особое внимание уделяется архитектурным качествам застройки;
- формирование рациональной сети улиц, пешеходных зон и площадей с активным включением зеленых насаждений и водного благоустройства.

Учитывая, что перспективы и количественные показатели нового города не должны жестко ограничиваться, а его жизнь будет связана с жизнедеятельностью основного объекта занятости – АЭС, а также темпами вовлечения инвестиций в его развитие, в генплане предусмотрены завершенность планировочной структуры, гарантия социальных стандартов и привлекательная архитектурно-пространственная среда на каждом расчетном этапе развития города.

Планировочная структура. Основным структурным элементом селитебной зоны станет новый общегородской центр, расположенный в зоне многоквартирной застройки на пересечении главных осей города. Он включает:

- пешеходный бульвар, который соединяет существующий центр городского поселка с новым центром;
- бульвар, связывающий транспортный узел с центром города и зоной отдыха.

Ядро общественного центра формирует главная площадь, вокруг которой располагаются комплексы зданий административного, торгового, зрелищного, гостиничного и коммунально-бытового назначения.

Учитывая перепад рельефа, можно использовать подземное пространство площади: заглубить транспортную связь, разместить подземные автостоянки, сделав общегородской центр пешеходным.

Сеть пешеходных бульваров связывает общегородской центр с общественными подцентрами жилых кварталов, где располагаются объекты культурно-бытового обслуживания повседневного спроса. Бульвары образуют своеобразный зеленый каркас города, создающий комфортные условия проживания населения.

На транспортной оси – новый общегородской центр и площадка АЭС. На опушке лесопаркового массива будут расположены учебно-тренировочный центр для подготовки персонала АЭС, гостиница на 150 мест, информационный центр АЭС и спортивно-оздоровительный центр, в составе которого предусматриваются ФОК, аквапарк, ледовый дворец, стадион с трибунами и тренировочными площадками для различных видов спортивных игр и спортзалами. Далее по данной оси планируется:

- формирование на правом берегу реки Лоша зоны отдыха со строительством рекреационно-развлекательного молодежного комплекса, амфитеатра для проведения массовых мероприятий;
- строительство в лесопарке детского дошкольного оздоровительного лагеря;
- строительство на правом берегу водохранилища профилактория с реабилитационным центром для работников АЭС.

Предусмотрены мероприятия для дальнейшего развития и совершенствования системы специализированных центров города. Уже сейчас ведутся работы по расширению, реконструкции и благоустройству комплекса сооружений ГУ «Островецкая ЦРБ».

На основе существующего лесного массива будет создано несколько парков: спортивный, городской и лесопарк. Городской парк увязан с центром города, бульварами, парком-набережной и существующим парком г. п. Островец. Предполагается осуществить следующее:

- благоустройство пляжной зоны и лесопарка;
- размещение в парке объектов общественного назначения: торгово-бытового обслуживания, культурные, физкультурно-оздоровительные, развлекательные сооружения;
- формирование парка-набережной в акватории водохранилища на реке Лоша;
- благоустройство прибрежной полосы Яновского водохранилища.

Селитебная зона – основной элемент планировочной структуры будущего города. Она будет состоять из многоквартирной жилой застройки, преимущественно 2–4-этажной с отдельными вкраплениями разновысоких зданий-акцентов городского центра и въездных зон; 2-этажной блокированной и усадебной жилой застройки.

Разнообразие типов и видов жилой среды, сочетание блокированной и высокоплотной усадебной застройки в центральной части города и менее плотной на периферии будут эффективно работать на создание выразительного силуэта города.

Усадебная застройка разместится в периферийной части города в продолжение существующей индивидуальной застройки южнее г. п. Островец, в районе деревень Белькишки и Мали, в д. Ковали (резерв).

На первом этапе намечено освоение новых территорий: под многоквартирную жилую застройку – 40,0 га в расчетно-планировочном районе «Центральный многоквартирный», в существующем микрорайоне по ул. К. Маркса и новых микрорайонах № 1, 2; под усадебную жилую застройку – 30,0 га в районе «Белькишки» и 3,5 га – в районе «Центральный многоквартирный».

Развитие производственных территорий. Генеральным планом заложена возможность формирования новой, не связанной с АЭС промышленной зоны. Для обеспечения полной занятости населения потребуется создать ряд новых предприятий, основанных на современных технологиях.

На въезде в город со стороны населенного пункта Гудогай будет развиваться объединенная производственная строительная база, которая на период строительства АЭС может использоваться как для нужд станции, так и города. По завершении строительства АЭС на этой площадке можно разместить новые производства, частично решающие проблему занятости населения, и инженерно-коммунальные объекты. Там же зарезервированы новые площадки для вынесенных из существующего городского поселка Островец промышленных и коммунальных объектов.

Далее, вдоль железной дороги, расположена новая промзона для размещения в городе энергетиков предприятий – проводников высоких технологий, формирования логистического центра (с учетом приграничного положения города и наличия крупных автомобильных железнодорожных магистралей международного значения).

Несмотря на значительный потенциал для развития туризма в регионе, а также предпринятые в последние годы меры по его развитию, реальный объем оказываемых туристических услуг в настоящее время продолжает оставаться невысоким. Сдерживающими факторами развития туризма, нейтрализующими конкурентные преимущества региона, являются:

- неразвитость туристской инфраструктуры;
- недостаточное количество коллективных средств размещения туристов, особенно туристского класса;
- неудовлетворительное состояние обеспечивающей инфраструктуры.

Создание туристско-рекреационного центра в составе кластера «Гродненщина» в городе Островец как точки роста сферы туризма в Республике Беларусь сформирует условия для образования новых видов бизнеса и предоставит возможность повысить конкурентоспособность существующих хозяйствующих субъектов и территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джанджугазова, Е.А. Туристско-рекреационное проектирование : учебник / Е.А. Джанджугазова. – М. : Академия, 2014. – 217 с.
2. Жучкевич, В.А. Города и села Белорусской ССР : ист.-геогр. очерки / В.А. Жучкевич, А.Я. Малышев, Н.Е. Рогозин. – Минск : Учпедгиз М-ва просвещения БССР, 1959. – 280 с.
3. Туристская энциклопедия Беларуси / ред. кол. Г.П. Пашков [и др.] ; под общ. ред. И.И. Пирожника. – Минск, 2007.

УДК 379.85

**АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МЕСТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ЦЕНТРА В СОСТАВЕ КЛАСТЕРА «ГРОДНЕНЩИНА»
В СИСТЕМЕ РАССЕЛЕНИЯ РЕГИОНА И СТРАНЫ****М.К. ШАВЛИС***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Представлен комплексный подход к туристско-рекреационному проектированию как способ решения рассматриваемой проблемы. Показано, что в Республике Беларусь многое делается по восстановлению и поддержанию историко-культурного наследия. Туристическая деятельность является частью как экономической, так и социальной сферы. Но слабое развитие инфраструктуры, сферы услуг и сервисного обслуживания в местах отдыха и на туристских маршрутах затрудняют развитие туристического рынка в Республике Беларусь.

Местом проектирования туристско-рекреационного центра в составе кластера выбран город Островец. Туристско-рекреационное проектирование непосредственно связано с потенциалом территории, её возможностями для организации тех или иных видов отдыха и туризма, а также конкретными целями и задачами, которые ставятся перед туристской индустрией на локальном или региональном уровнях.

Туристический кластер (туристско-рекреационный кластер) – сосредоточение в рамках одной ограниченной территории взаимосвязанных предприятий и организаций, занимающихся разработкой, производством, продвижением и продажей туристического продукта, а также деятельностью, смежной с туризмом и рекреационными услугами [1].

Беларусь имеет исключительно богатый природный и историко-культурный потенциал, благоприятный для туризма. Туризм является одной из крупнейших отраслей мировой экономики, которые динамично развиваются и пытаются занять надлежащее место в экономике нашего государства [2].

На сегодняшний момент является актуальным изучение особенностей архитектуры в туристическом ракурсе. Храмы Гродненщины представляют большой интерес для туристов, их богатое внутреннее и внешнее убранство, многообразие форм, и хорошее состояние, служат хорошим стимулом для того, чтобы отправиться в путешествие и посетить костелы Беларуси.

В Республике Беларусь многое делается по восстановлению и поддержанию историко-культурного наследия. Но слабое развитие инфраструктуры, сферы услуг и сервисного обслуживания в местах отдыха и на туристских маршрутах затрудняют развитие туристического рынка в Республике Беларусь. Способ решения данной проблемы – комплексный подход к туристско-рекреационному проектированию.

Архитектурное наследие Гродненщины занимает исключительное место в системе историко-культурных ценностей Беларуси; она широко известна не только среди ученых-исследователей. На Гродненщине сохранилось значительное количество объектов монументального зодчества.

Укрепления Гродно, Лиды, Новогрудка и Крева вместе с другими белорусскими, литовскими и украинскими замками образовали во времена Великого Княжества Литовского целостную оборонительную систему общегосударственного значения.

Существенное значение наряду с этими памятниками принадлежит и объектам культового зодчества. Именно они представляют главную архитектурную ценность региона.

Островецкий район расположен в северной части Гродненской области (рисунок 1) [3]. Большая часть территории района находится в границах Нарочанско-Вилейской низины и юго-западной части Ошмянской возвышенности. Граничит с Ошмянским (на юге) и Сморгонским (на востоке) районами Гродненской области, Мядельским районом Минской области и Поставским районом Витебской области (на севере), с Литвой (на западе и севере). Площадь города Островец составляет около 48, 49 км² [4]. По состоянию на 1 января 2016 года население насчитывало 10239 человек.

Центр города сформирован в левобережной части. Главная ось – улица Ленинская, пересекающая город с запада на восток. На пересечении улиц Ленинской, Володарского, Октябрьской, Карла Маркса образована прямоугольная в плане центральная площадь. Сеть улиц прямоугольная, квартальная, в центре – дома 2–3-этажные, на окраинах одноэтажная застройка усадебного типа.

Современный город Островец застраивается по генплану 1992 года. В восточной части ведется строительство 5-этажных жилых домов, в районе улицы Гагарина – индивидуальная застройка.

Возведены здания Беларусбанка, торговый дом «Анастасия», Петропавловская церковь и другие сооружения (рисунок 2).

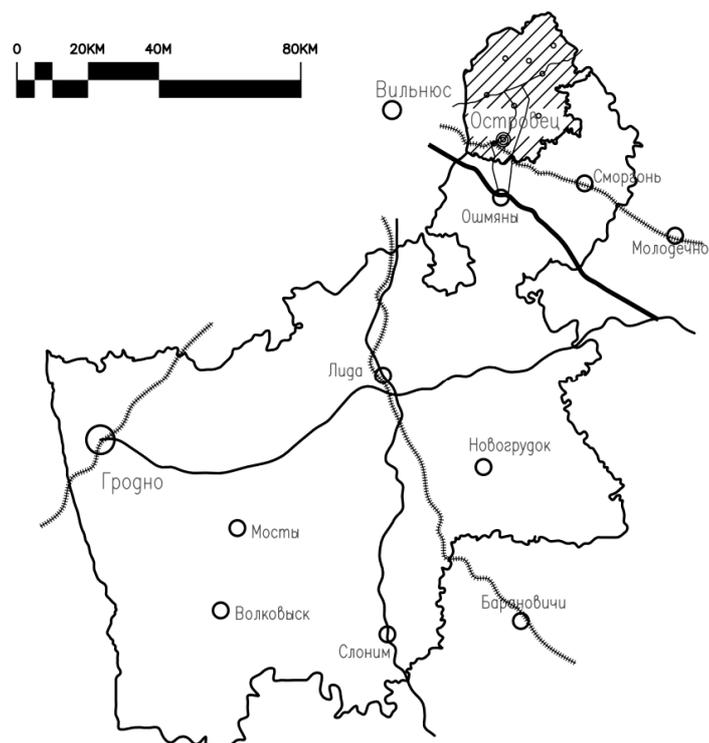


Рисунок 1. – Схема территориального расположения района и города в системе расселения Республики Беларусь



Рисунок 2. – Малые архитектурные формы

В городе Островец работает завод «Радиодеталь», действуют лесхоз, сельхозтехника, Селекционно-племенной центр животноводства, функционируют торговые, транспортные, ремонтные, дорожные и строительные организации.

На Островецкой площадке строится первая в Беларуси атомная электростанция (рисунок 3). Проект Белорусской АЭС соответствует требованиям действующих законодательных и нормативных документов в области использования атомной энергии Российской Федерации с учетом рекомендаций МАГАТЭ, требований EUR. Проект отличается повышенными характеристиками уровня ядерной, радиационной, технической и экологической безопасности АЭС. Сроки реализации проекта строительства АЭС отражены в генеральном контракте, предусматривающем ввод в промышленную эксплуатацию первого блока АЭС в ноябре 2018 года, второго – в июле 2020 года.



Рисунок 3. – Работа на строительной площадке Островецкой АЭС

Памятники архитектуры, археологии, садово-паркового искусства, геологические памятники природы. В городе Островец установлены памятник уроженцу Беларуси, дипломату, ученому, путешественнику Иосифу Гошкевичу, воинам и партизанам, погибшим в годы Великой Отечественной войны. Здесь также сохранились памятники архитектуры: костел святых Косьмы и Дамиана и Крестовоздвиженский костел, а также археологический памятник – земляное укрепление XV–XVII веков.

Существующий общегородской центр города Островец геометрически отделился от центральной части города. В связи с ростом города Островец и ввиду его развития увеличивается число жителей и потребностей населения. Ввиду этого новый туристско-рекреационный центр будет соответствовать современным требованиям и тенденциям и вмещать большое количество посетителей за счет того, что новый общегородской центр предполагает большое количество функций. Существующий общегородской центр может перейти в разряд районного центра.

Включение туристско-рекреационного центра в городскую среду позволит решить многие градостроительные, архитектурно-строительные, социально-экономические, экологические и другие задачи в застройке города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туристический кластер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.concretica.ru/publications/single/article/8/173/>. – Дата доступа: 25.09.2017.
2. Национальная программа развития туризма в Республике Беларусь на 2008–2010 годы. – Минск : Департамент по туризму М-ва спорта и туризма Респ. Беларусь, 2008. – 200 с.
3. Гродненская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гродненская_область. – Дата доступа: 24.04.2018.
4. Памяць: Гіст.-дакум. хроніка Астравецкага раёна ; рэд. кал.: Г.П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.] ; маст. Э.Э. Жакевіч. – Мінск : БелЭн, 2004. – 632 с.

УДК 721.01(476.4)

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНАЯ СРЕДА,
ТЕРРИТОРИИ ТУРИЗМА И ОТДЫХА В МОГИЛЕВЕ****А.В. ПУТРИНА***(Представлено: М.М. ШЛЕЙМОВИЧ)*

Рассматривается градостроительная социально-культурная среда, объекты туризма и отдыха города Могилева. Анализируются ключевые объекты общегородского значения. Работа предназначена для выработки рекомендаций по улучшению вышеперечисленных сфер в жизни города.

Одной из главных тенденций общественного развития, влияющих на развитие градостроительства, является развитие общественных пространств. Речь идет о пространстве города, предназначенного для беспрепятственного посещения публикой: парках, развлекательных центрах, пешеходных зонах, музеях, лекториях и т.д. При формировании туристских комплексов и зон необходимо сохранять не только историко-культурные ценности, ландшафт, но и «дух места». Поэтому важно выявление и подчеркивание индивидуальности туристских градостроительных образований [1]. Для проведения анализа среди пунктов, определяющих качество городской среды, будут рассмотрены отдельные: социокультурные составляющие, территории отдыха и туризма.

Основная часть. Именно общественные пространства создают высокое качество жизни. Поэтому так велико разнообразие современных типов общественных центров и комплексов, создаваемых в городах.

Для жителей города и области работают два театра: Могилевский областной театр кукол и Могилевский областной театр драмы. Детский кукольный театр расположился в собственном здании в конце 70-х годов прошлого века. Этот вид досуга пользуется огромной популярностью среди могилевчан и гостей города. Драматический театр находится в зоне исторической застройки города, зданию около 120 лет. Оно носит титул красивейшего в городе и является центром притяжения горожан разных возрастов. Оба здания расположены в центральном планировочном районе города, обладают хорошей транспортной доступностью и открыты для обозрения с основных трасс.

Пожалуй, более современным использованием свободного времени в городской среде является посещение кинотеатров. Таких объектов в городе пять: кинотеатр «Родина»; кинотеатр «Чырвоная зорка»; кинотеатр «Октябрь»; «Ветразь» и «Космос». Кинотеатр «Радзіма», замыкает перспективу Комсомольского сквера со стороны улицы Первомайской. Во время Великой Отечественной войны разрушен, в 1944 г. восстановлен. Кинотеатр «Чырвоная зорка» является старейшим в городе, построен в 1930 году. Оба здания находятся в центральной исторической зоне города, поэтому являются самыми популярными среди пользователей. Кинотеатр «Октябрь» открыт в 1969 году. Он построен по проекту архитектора А. Кучеренко в живописном месте, недалеко от набережной реки Дубровенка, при строительстве удачно использован холмистый рельеф. Здание повернуто по отношению к красной линии застройки проспекта Мира, что придает зданию монументальность. Кинотеатры Ветразь и Космос находятся в районе Заднепровья и обслуживают в основном жителей близлежащих микрорайонов.

В городе действует Учреждение культуры «Могилевский городской Центр культуры и досуга». Располагается оно в самом центре в историческом здании бывшего Дворянского собрания. Роль учреждения состоит в организации культурной жизни города: здесь создаются условия для развития любительского и профессионального художественного творчества. На базе организации создаются театральные, художественные, вокальные и ремесленные коллективы.

В Могилеве большое значение уделяется спорту. Для привлечения молодежи к здоровому образу жизни создаются новые спортивные комплексы, модернизируются уже построенные объекты. В 1956 году на территории Могилева был построен спортивный комплекс «Спартак», который и по сегодняшний день является культовым местом для любителей футбола. На данный момент вместимость трибун составляет около 8000 зрителей. Здесь свободно могут проводиться игры республиканского и международного значения. Помимо основного поля, здесь располагаются еще площадки для стритбола, мини-футбола и волейбола. Вокруг поля организован легкоатлетический манеж, площадки для прыжков в длину и т.п. Город также славится хорошими условиями для занятий активным отдыхом: спортивные комплексы «Космос-корт», «Олимпиец», «Дворец гимнастики», «Экстримпарк», в котором проводятся международные соревнования по мотокроссу и джип-триалу, Ледовый дворец. Перечисленные специализированные спортивные комплексы достаточно удалены друг от друга, равномерно распределены по городу.

Основными видами туристских градостроительных образований являются: туристические комплексы, зоны и трассы. Туристская трасса – это транспортная или пешеходная коммуникация, специально выделенная и обустроенная для передвижения туристов.

Улица Ленинская представляет собой образец пешеходной туристской трассы в городе. Это одна из старейших улиц Могилева. Известна с начала XVI века, когда сформировалась Торговая площадь (ныне Советская), от которой расходились в северном направлении две главные улицы-дороги – Шкловская (ныне Первомайская улица) и Ветряная, ведущая к Ветреным воротам оборонительного вала. Сегодня пешеходная улица Ленинская (Ветряная, Большая Садовая) и сохранные на ней реконструированные дома – это живой музей. Большую роль в формировании современного архитектурного облика улицы играют сохранившиеся на ней памятники истории, жилой и гражданской архитектуры XVIII – начала XX века.

Туристские комплексы и зоны создаются на основе уникальных объектов – памятников архитектуры, истории, культуры, музеев, культовых, зрелищных объектов, современных научно-технических, деловых, образовательных центров, мест проведения крупных спортивных мероприятий, международных выставок и т.п.

Пространства познавательного туризма создаются в местах расположения памятников истории, культуры, архитектуры, музеев, в местах, связанных с важными историческими событиями и личностями. Для них характерно создание атмосферы, соответствующей духу времени и другим особенностям объектов посещения туристов.

Музею принадлежит исключительная роль в сохранении и изучении культурного наследия. Музеи областного центра охватывают широкий спектр интересов, здесь можно пополнить багаж знаний в области краеведения, этнографии, истории города, искусства и даже пожарного дела. Могилевский областной краеведческий музей и Музей истории Могилева примыкают к площади Славы, ранее Советской, отсюда когда-то начинался город. Исторический музей расположен в здании городской ратуши, которая была разрушена в годы Великой Отечественной войны и восстановлена в 2008 году. Этнографический музей расположен по композиционной оси, направленной от улицы Первомайской в сторону площади славы. На пешеходной улице Ленинской среди исторической застройки расположился музей Билибинского-Бирули, который является Филиалом Национального Художественного Музея. Главный художественный музей города, Могилевский областной музей им. Масленикова, размещен в здании бывшего Крестьянского поземельного банка и имеет стиливые черты модерна, псевдорусского и позднего классицизма. Он замыкает на себе движение музеев от исторического центра города вдоль улицы Первомайской.

Недалеко от города расположен зоосад, основанный в 2004 году. Рядом с зоосадам расположен этнографический комплекс, который дает возможность окунуться в быт белорусской деревни XIX века, познакомиться с народной культурой, ремеслами, обрядами и ритуалами жителей Могилевщины.

Пространства паломнического (религиозного) туризма создаются в местах поклонения религиозным святыням. Религиозные святыни активно посещаются верующими, особенно в религиозные праздники. Историко-культурные ресурсы на территории Могилева представлены такими объектами, как: Могилевская ратуша, комплекс православного Свято-Никольского женского монастыря, костел святого Станислава, дворец Георгия Конисского, Борисоглебская церковь и др. Традиционно в Могилеве проводятся международные культурные события и фестивали [3].

Пространства лечебно-оздоровительного туризма создаются в курортных местностях с природными лечебными ресурсами, такими как минеральные воды, благоприятный климат и микроклимат. Одним из направлений лечебно-оздоровительного туризма является посещение лечебно-оздоровительных центров с современным диагностическим и лечебным оборудованием, высококвалифицированными специалистами, которые, как правило, имеют узкую специализацию.

Ближайшие лечебно-оздоровительные учреждения не находятся непосредственно на территории города, а располагаются в Могилевском районе. «Чайка» – детская оздоровительная организация санаторного типа, принадлежащая Строительному тресту № 17, расположена в 15 км от Могилева. Санаторий рассчитан на пребывание 230 человек, в том числе 200 детей. Санаторий Дубровенка расположен недалеко от железнодорожной станции Польшковские Хутора Могилевского района, на расстоянии около 5 км от города. Санаторий находится в смешанном хвойно-лиственном лесу. Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, нервной системы, органов дыхания, органов пищеварения, системы кровообращения – основные направления лечения. Санаторий «Сосны» ОАО «Могилевхимволокно» расположен в Могилевском районе, в 15 км от города. Санаторий находится в окружении смешанного и хвойного леса, в 400 м от берега реки Днепр. Находясь на лечении и оздоровлении в санатории «Сосны», можно пройти обследование и получить консультацию специалистов по следующим медицинским профилям: болезни органов дыхания, болезни костно-мышечной системы, болезни женских половых органов, болезни органов пищеварения. На территории санатория находится волейбольная площадка, детская игровая площадка, в зимнее время работает лыжная база.

Одна из острых проблем – оздоровление инвалидов-колясочников. В санаториях Могилевского района не предусмотрено оборудование для людей с ограниченными физическими возможностями.

Природные туристско-рекреационные ресурсы Могилева – это благоприятные климатические и ландшафтные условия, парковые зоны и водные ресурсы, позволяющие организовать разные виды и формы туристско-рекреационной деятельности населения. Могилев представлен такими рекреационными зонами, как Печерский лесопарк, набережная реки Днепр, озеро Святое, набережная реки Дубровенка, Любужский лесопарк.

Экономико-географическое и геополитическое положение Могилева является достаточно выгодным, так как город находится недалеко от границы с Украиной и Россией. Хорошо налажена транспортная инфраструктура, развита сеть автомобильных и железнодорожных путей.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, о том, что Могилев обладает значительным туристско-рекреационным потенциалом.

Заключение. В целом Могилев обладает большим количеством мест для проведения досуга и отдыха. Однако со временем многие из объектов морально устаревают и становятся неинтересными для посетителя. Необходимо использовать современные методы привлечения потребителей. Сделать музеи и выставки более интерактивными, разработать актуальную туристическую карту города и интересные маршруты, пристальное внимание обратить на среду, окружающую центры тяготения, тем самым сделать город более навигационно простым и понятным для туристов и местных жителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потаев, Г.А. Тенденции развития градостроительства / Г.А. Потаев. – Минск : БНТУ, 2014. – 222 с.
2. Управление культуры Могилевского городского исполнительного комитета / Учреждения культуры [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: http://kultura.mogilev.by/component/option,com_weblinks/catid,3/Itemid,10/. – Дата доступа: 24.09.2018.
3. Могилевский городской исполнительный комитет // Mogilev open for investment [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://mogilev.gov.by/downloads/investments/investment%20advantages%20of%20mogilev_rus.pdf. – Дата доступа: 23.09.2018.
4. Sanatorii.by // Санаторий Дубровенка [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.sanatorii.by/?Dubrovenka>. – Дата доступа: 25.09.2018.
5. Sanatorii.by // Санаторий Сосны [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: http://www.sanatorii.by/?Sosny_Mogilev. – Дата доступа: 25.09.2018.
6. Sanatorii.by// Санаторий Чайка [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.sanatorii.by/?Chaika>. – Дата доступа: 25.09.2018.

УДК 721.01(476.4)

**СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА МОГИЛЕВА
НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА****А.В. ПУТРИНА***(Представлено: М.М. ШЛЕЙМОВИЧ)*

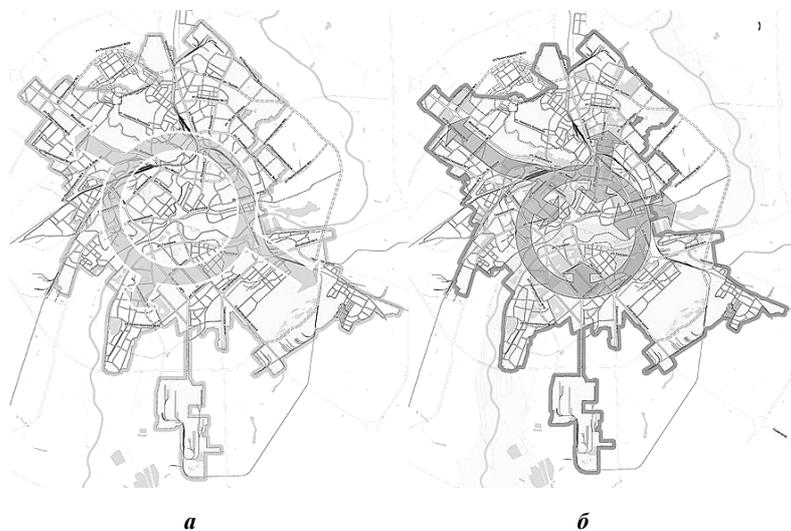
Представлено исследование новой редакции генерального плана 2017 года города Могилева. Особое внимание уделено разработанной стратегии развития всех основных функциональных зон города и приоритетным направлениям городского строительства на период до 2025 года.

В процессе разработки документов планирования выявляются основные задачи, такие как создание благоприятной и безопасной городской среды, развитие транспортной и инженерной инфраструктур, преобразование жилых, общественных и производственных территорий и многие другие. Глобальной целью создания генплана является определение стратегии устойчивого развития поселения. Закон «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь» обяывает подразделять территории населенных пунктов на следующие зоны: жилые, общественно-деловые, производственные, зоны транспортной и инженерной инфраструктуры, рекреационные зоны, зоны сельскохозяйственного и специального назначения и иные территориальные зоны, определенные законодательством. Проследим за преобразованием Могилева на примере изменений, внесенных новой редакцией генерального плана по каждой из функциональных зон города.

Основная часть. Первый генплан Могилева советского периода был разработан к 1939 году, спустя почти сто лет после создания предыдущей версии проектного плана. Последующие генпланы разрабатывались в 1947, 1961, 1970, 1981, 2003 и 2012 годах. Однако в связи с тем, что градостроительная политика кардинально изменилась за последнее время, проект 2012 года утвержден не был. В 2017 был откорректирован генплан до 2025 года.

До настоящего времени областной центр развивался по архитектурно-планировочной концепции, утвержденной в 2003 году. Документ предполагал два основных направления территориального развития: восточное и северо-восточное, а также западное. Однако решение пришлось пересмотреть ввиду новых экономических и социальных изменений. Восточное направление роста города было решено приостановить, так как здесь расположены высокобалльные сельскохозяйственные земли, которые нецелесообразно выводить из оборота.

В областном центре существует проблема ветхого жилья. В первую очередь это касается центральной части Могилева. Вариант решения – предложить людям удобную альтернативу для отселения. Обновленный генплан предполагает, что частный сектор сменят на общественную и жилую застройку вдоль основных магистралей по проспектам Мира, Пушкина, улицам Королева и Гагарина. Здесь появятся новостройки, в том числе с переменной этажностью, зеленые парковые зоны. По возможности будет сохранено элитное усадебное жилье без заборов и хозяйственных построек на земельных участках (рисунок 1).



**Рисунок 1. – Схемы развития жилых территорий усадебной (а)
и многоквартирной (б) застройки**

В общем можно отметить позитивную тенденцию в преобразовании города. Главное отличие нового генплана в том, что это компактный вариант развития Могилева в уже существующих границах. Соответственно новое строительство предусмотрено на имеющихся свободных площадках и на месте ветхих, аварийных домов, которые подлежат сносу. В ближайшие годы приоритет сохранится за обустройством центральной части Могилева, микрорайонов Казимировка, Спутник, Солнечный, микрорайонов в границах улиц Криулина и Турова, а также улиц Стасова, Гришина, Калужской.

Зона общественной застройки получает свое развитие во всех частях города. Общегородской центр будет развиваться за счет сноса и реконструкции ветхих зданий с соблюдением ограничений, наложенных охраняемыми зонами памятников историко-культурного наследия. Это как отдельно стоящие сооружения, так и встроенные в первых этажах жилых домов вдоль практически всех улиц общегородского центра.

Общегородской центр, который одновременно является административно-культурно-торговым центром Центрального планировочного района города, размещается в основном на территории исторического центра. За счет уплотнения и реконструкции здесь предполагается построить новые общественные объекты. В Заднепровском районе создается новый центр городского значения. Располагаться он будет на левобережье Днепра вдоль ул. Гагарина от Пушкинского проспекта до проспекта Шмидта с выходом на пойменные территории. Общественные центры остальных планировочных районов участвуют в формировании архитектурных ансамблей магистральных улиц, они вытянуты вдоль них и продолжают свое развитие как линейные [2].

На комфортные условия проживания также влияет наличие в городе промышленной зоны. Могилевская область, и в частности город Могилев, обладают мощным промышленным потенциалом. Могилев – один из крупнейших индустриальных центров страны. Около 4% всей промышленной продукции Республики приходится на промышленный комплекс города Могилева. Среди регионов республики Могилевская область остается главным производителем химических волокон, цемента, кирпичей и блоков строительных, железобетонных шпал, тканей, лифтов. На данный момент в городе более 70 промышленных предприятий. Поэтому не менее важным является формирования облика промышленной застройки.

Промышленные территории Могилева на протяжении длительного периода формировались хаотично и занимают в настоящее время около пятой части городских земель (рисунок 2).

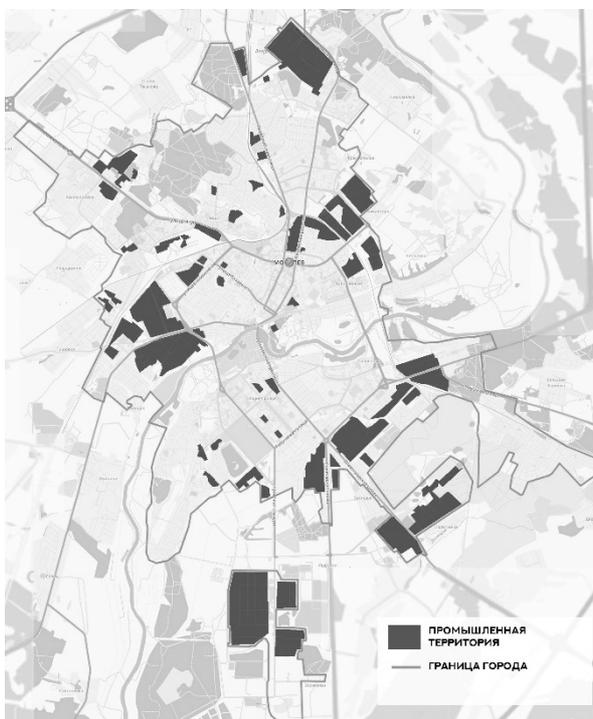


Рисунок 2. – Схема размещения промышленных территорий Могилёва

Генпланом намечены мероприятия по выносу и переносу отдельных вредных по санитарным условиям предприятий в перспективные промрайоны. В частности, для размещения таких производств зарезервированы территории в районе ОАО «Химволокно» южного промышленного узла. На месте ОАО «Завод искусственного волокна» планируют разместить административно-общественную за-

стройку. Действующие производственные мощности завода по выпуску полипропиленовой пленки для пищевой промышленности в ближайший год вынесут за пределы города, незадействованные здания и сооружения снесут, а землю рекультивируют.

Комплексная модернизация производства уже ведется в ОАО «Ольса». Основное оборудование перевозится на новую площадку – территорию присоединенного к нему предприятия «Техноприбор». За счет этого поэтапно высвобождаются производственные площади, которые планируется использовать под расширение и развитие Могилевской больницы скорой медицинской помощи. Инфекционную больницу, расположенную по переулку Березовскому, перенесут в район городской больницы № 1. В связи с необходимостью строительства поликлиники в жилом районе Фатина под нее выделен участок на пересечении улиц Мовчанского и Островского [3].

Градостроительные тенденции сводят проблему перенасыщенности города промзоной к следующему решению – вынос вредного производства из центральной части города и проведение работ по упорядочению и модернизации промышленных узлов города и выносу за городскую черту предприятий с санитарно-защитными зонами 300 м и выше. В случае если будет произведена технологическая модернизация и реконструкция производственных объектов, санитарно-защитные зоны могут быть сокращены.

Коммунально-складская зона, входящая в состав промышленной, территориально будет развиваться незначительно за счет выявления внутренних резервов и преимущественно за счет территорий вдоль железной дороги. В основном она предназначена для размещения объектов инженерного обеспечения и мест хранения и обслуживания автотранспорта.

Особый акцент сделан на дальнейшем развитии транспортной инфраструктуры города. В частности, новая артерия будет проложена от площади Космонавтов через улицу Заслонова и железнодорожные пути на Минское шоссе. Через частный сектор соединят улицу Королева с улицей Ленинской, что позволит значительно разгрузить от транспорта центральную часть города и Заднепровье. Кроме того, все мосты Могилева обретут новый современный вид. По-прежнему остается открытой проблема некомфортной среды для пассажиров на вокзалах города, а также недостаточное количество парковок в центре города и затрудненность передвижения по городу людей с ограниченными возможностями.

Ландшафтно-рекреационные территории в конкретном случае должны развиваться в соответствии с историческими и природными особенностями. Получит дальнейшее развитие система ландшафтно-рекреационных территорий города с учетом естественных природных комплексов реки Днепр с притоками Дебря, Дубровенка, Струшня. В процессе корректировки генплана были проработаны проект водно-зеленого диаметра города Могилева и детальный план Печерского лесопарка.

Одним из самых масштабных и значимых проектов для города стал Подникольский парк. Аналогов ему на территории областного центра нет. Парк запланирован как многофункциональный, сейчас в нем можно выделить зоны отдыха детей различных возрастных групп, зону тихого отдыха, спортивную зону. В ближайшее время планируется создать администрацию Подникольского парка, которая будет заниматься обслуживанием его территории и объектов. Начато строительство многофункционального центра с пунктом проката спортивного и туристического снаряжения, мини-кафе, комнатой матери и ребенка и сопутствующей инфраструктурой [6]. На сегодняшний день в парке создано около 10 км пешеходных и велосипедных дорожек, установлено 250 малых архитектурных форм, три игровых детских комплекса и антивандалная спортивная площадка. Пока осваивают постепенно небольшие участки размером от 3 до 9 га, но в итоге территория займет около 100 га.

Планируется строительство набережной в районе Дворца культуры области. За Ледовым дворцом уже появилось поле для мини-гольфа, рядом разместятся площадки для игры в городки, хоккея на траве, скейтбординга [3]. Обновится в Могилеве и сквер у Театральной площади, здесь появится новый фонтан и другие элементы благоустройства. В планах также благоустройство жилых зон, создание велодорожек, дворовых территорий со строительством современных безопасных детских площадок. По-прежнему остается нерешенной проблема отсутствия загородных рекреационно-оздоровительных территорий.

Заключение. В основу любого проектного решения в первую очередь должны ложиться экологические принципы. Необходимо помнить, что методы комплексной реконструкции зависят от размещения застройки в структуре города, ее физического состояния, исторических и эстетических особенностей. Кроме реконструкции выделены приоритетные направления городского строительства Могилева на ближайшие годы:

- реконструкция и модернизация усадебной застройки в центральной зоне;
- размещение застройки смешанного использования на пойменных территориях в Заднепровье;
- поиск площадок для размещения перспективной усадебной застройки в районе объездного кольца и на вылетных магистралях;
- дальнейшее совершенствование и развитие транспортной инфраструктуры;

- обеспечение доступности системы общественных центров и объектов обслуживания за счет формирования безбарьерной среды;
- сохранение исторической среды;
- регенерация зоны исторического охраняемого ландшафта;
- освоение и дальнейшее благоустройство пойменных территорий реки Днепр и формирование единого ландшафтно-рекреационного каркаса города;
- освоение свободных территорий, которые входят в состав свободной экономической зоны, взамен создания новых промышленных районов;
- улучшение санитарно-экологической обстановки путем преобразования производственной зоны.

Реализация перечисленных выше мероприятий позволит применять обоснованные планировочные решения по территориальному развитию города, рациональному зонированию его территорий для нужд городского строительства, повысить качество жизни населения за счет возведения объектов социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь : Закон Респ. Беларусь № 300-З (в ред. от 13.07.2012 г.) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2004. – № 109.
2. Архитектура и строительство Информационно-новостной портал // Генеральный план Могилева : для сбалансированного развития [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://arcp.by/ru/article/generalnyu-plan-mogileva-dlya-sbalansirovannogo-razvitiya>. – Дата доступа: 20.09.2018.
3. Могилевский областной исполнительный комитет / Официальный портал // Изюминки нового генплана Могилева: спиральная многоэтажка, каскадный фонтан и клееный мост [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://mogilev-region.gov.by/page/65850-izyuminki-novogo-genplana-mogileva-spiralnaya-mnogoetazhka-kaskadnyu-fontan-i-kleenyu>. – Дата доступа: 20.09.2018.
4. MogilevWiki Свободная энциклопедия г. Могилев // Промышленность в Могилеве [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: http://wiki.mogilev.by/index.php/Промышленность_в_Могилёве. – Дата доступа: 21.09.2018.
5. БЕЛТА Новости Беларуси // Откорректирован генеральный план Могилева до 2025 года [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.belta.by/president/view/otkorrektirovan-generalnyj-plan-mogileva-do-2025-goda-243755-2017/>. – Дата доступа: 25.09.2018.
6. БЕЛТА Новости Беларуси // В Подникольском парке Могилева запустили каскадный фонтан [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.belta.by/regions/view/v-podnikolskom-parke-mogileva-zapustili-kaskadnyu-fontan-319644-2018>. – Дата доступа: 28.09.2018.

УДК 72.03(476.4)

АРХИТЕКТУРА СИНАГОГИ В ГОРОДЕ БЫХОВ

В.В. ВАСИЛЕВСКАЯ

(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)

Рассмотрены архитектурные особенности Быховской синагоги, её проблемы и туристический потенциал. Сделан вывод о возможности и перспективах использовании архитектурного наследия города Быхов в туристической сфере.

Город Быхов Могилевской области впервые упоминается в «Списке русских городов дальних и ближних» в XIV веке, тогда же возникли и первые оборонительные сооружения города. Город был продуманно спланирован и делился на кварталы взаимно перпендикулярными улицами. Центр его занимала торговая площадь. Быховская синагога располагалась в северной части исторической планировки Старого Быхова, в отдельном квартале, относительно недалеко от торговой площади и городского вала с расположенными на нем Могилевскими воротами [1].

Основная часть. Синагоги крупных общин Беларуси в городах и местечках, так называемые главные синагоги, преимущественно были каменные. Наиболее ранние каменные синагоги хронологически относятся к XVI–XVII векам. В это время в сакральной архитектуре на территории Беларуси часто воплощались черты оборонительной архитектуры. Храмы подобного типа (Сынковичи, Мурованка, Комаи) выполняли не только сакральные функции для данного поселения, но и предназначались для оборонных целей. Оборонными формами являются фланкирующие углы башни с окнами-бойницами в несколько ярусов. К храмам-крепостям с четырьмя башнями относятся церкви в Супрасли, Сынковичах и Мурованке; с двумя башнями – костел в Комаях. Однобашенный вариант был более характерен для реформаторских храмов (Заславль, Сморгонь, Деречин и др.).

Стилистически храмы оборонного типа воплощают черты готики и ренессанса. Не является исключением и существование на территории Беларуси синагог с чертами оборонной архитектуры. К таким относится известная синагога (рисунок 1), возведенная в XVII веке в Быхове, частновладельческом городе Сапегов.



а



б

Рисунок 1. – Синагога в Быхове, фото 1988 года (а), 2018 года (б)

Можно считать, что строительство синагоги шло одновременно с формированием местной общины, поскольку евреи появились в городе в начале XVII века. Судя по архитектуре, возведение здания сразу же было рассчитано и на активное использование в оборонных целях (строгий прямоугольный объем с цилиндрической башней). Быховская синагога по архитектуре напоминает аналогичные синагоги, известные во владениях Сапегов на Волыни. Даже хронологически они относятся к одному периоду XVII века, что наводит на мысль о работе одних и тех же зодчих.

Поскольку Еврейская община города, несмотря на сложные исторические перипетии, неуклонно возрастала и с середины XVIII до конца XIX века увеличилась с 887 душ до 3037, что составило почти половину местного населения. По состоянию на 1880 год насчитывалось 11 синагог, и только одна сина-

гога была каменной, остальные – деревянные. Однако ни одна из деревянных синагог Быхова не сохранилась до наших дней.

Строительство Быховской синагоги началось в период, когда эти земли перешли к роду Сапег в 1640–1650 гг. По одной из легенд, Лев Сапега задолжал довольно крупную сумму денег еврейскому купцу, поэтому был вынужден дать согласие на строительство еврейского культового сооружения. Вместе с тем было и одно условие – синагога должна была располагаться рядом с замком и входить в оборонительные сооружения [2].

Отличительной чертой этого здания, делающей его уникальным для Беларуси, является то, что оно точно ориентировано торцовой частью на Иерусалим. Обычно так строятся все Европейские синагоги, однако в Беларуси было довольно сложно определить точное направление и их ориентировали просто на восток.

Конструирование форм Быховской синагоги своими корнями восходит не столько к сакральным, сколько к замковым строениям. Лаконичная и строгая форма основных объемов, высокие арочные окна прорезают стены со слабо отмеченной рельефной отделкой. Последнюю создают угловые пилястры. Фасады расчленены карнизом на 2 яруса. Второй ярус сначала прорезали прямоугольные и круглые бойницы, которые позже замуровали. Теперь плоскость стен второго яруса раскрепована неглубокими прямоугольными нишами. Оконные проёмы объединены нишей на всю стену, связанной по дугам с угловыми пилястрами. Выразительной деталью является высокий надкарнизный парапет (аттика). Из основного объема он переходит на башню, в которой имеются ниши-бойницы.

Как в волынских синагогах такого типа, так и в быховских именно аттиковый этаж использовался для обороны. Во всяком случае, Быховская синагога активно использовалась при защите города в середине XVII – начале XVIII века [3; 4].

С архитектурной точки зрения синагога в Быхове представляет собой квадратное в плане строение с выступающей за периметр угловой круглой башней (рисунок 2), которая связывала подвал и чердак. Крыша четырёхскатная, толщина стен составляет около 2 метров.

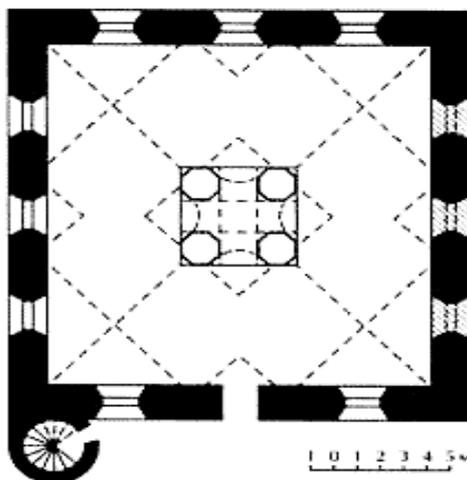


Рисунок 2. – План синагоги в Быхове

Внутри синагоги в Быхове сохранилось уникальное сооружение – бима (рисунок 3). Бима представляет собой четыре восьмигранные колонны, соединённые арками. Они являются конструктивной основой для цилиндрического скрепления с распалубкой. Угловые части перекрыты крестовыми сводами. Нижний ярус бимы имеет полусферичное перекрытие, обработанное (стукавым?) растительным орнаментом. Верхний прорезан полуциркульными проёмами. Стены расчленены пилястрами, простенки и угловые части на 2/3 высоты оконных проёмов, обработанные плоскими нишами. В центре восточной стены, между пилястрами, находится алтарь-ниша [4]. Бима использовалась специально для чтения свитка Торы. В Беларуси сохранилось всего четыре бимы.

В целом здание синагоги имеет строгий и лаконичный внешний вид, без особых излишеств. Суровый облик Быховской синагоги производил в некоторой степени неожиданное впечатление богатым декоративным убранством интерьеров, когда-то украшенных разнообразной лепкой и росписью.

Из-за войн, пожаров, просто в силу естественного обветшания синагога со временем изменила свой облик. Еще до 1917 года была снесена верхняя часть аттика, в нижней замуровали бойницы, над-

строили над основным залом дополнительное помещение. Плоскую крышу сменила двускатная. Примыкавшая к синагоге территория была застроена религиозными и другими, принадлежащими общине, зданиями. Однако к сегодняшнему дню они не сохранились.



Рисунок 3. – Бима синагоги в Быхове

После второй мировой войны здание использовалось воинской частью, как складское помещение коммунальных служб, затем переходило в ведение различных городских ведомств или вообще ни в каких целях не использовалось и постепенно разрушалось. В настоящее время проводится реставрация с реконструкцией. Синагога не вошла в госпрограмму восстановления исторических памятников на 2012–2018 годы. На консервацию из бюджета в 2013 году выделили 350 миллионов рублей, однако средств хватило только на частичную консервацию и разработку проектно-сметной документации. В полностью восстановленной Синагоге планируют создать музей еврейской культуры [5].

Заключение. Конструктивные особенности, внешний вид синагоги демонстрируют её не только как сакральное здание, но и как оборонное. Это обусловлено лаконичным внешним видом.

Что касается интерьера, то внутри сохранилась уникальная часть – бима. К сожалению, большая часть росписей и лепнины не сохранились. Синагога в Быхове нуждается во внимании как со стороны местных властей областного значения, поскольку она является одним из старейших памятников на территории Могилёвской области, так и со стороны турфирм Беларуси, еврейской общины Беларуси, наследием которой она является. Прежде всего, необходимы источники финансирования для продолжения реставрации и реконструкции, благодаря которым синагога в Быхове привлечёт внимание к экскурсионным турам, турам выходного дня, религиозным турам по Беларуси, предполагающим посещение синагоги в Быхове. Кроме этого, синагоги Беларуси послужат развитию этнического тура в Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быхов, история города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://goroda.by/informaciya-o-gorodah-belarusi.php?id_news=65/. – Дата доступа: 20.09.2017.
2. Быховская главная синагога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belarus.svobodno.su/places/attraction/hramy-chasovni-i-monastyri/mogilyovskaya-oblast/byhovskiy-rayon/byhov/glavnaya-sinagoga-v-byhove.html>. – Дата доступа: 20.09.2017.
3. Локотко, А.И. Архитектура европейских синагог / А.И. Локотко. – Минск : Ураджай, 2002. – 156 с.
4. Марцэлеў, С.В. Збор помнікаў гісторыі і культуры. Магілёўская вобласць : энцыкл. даведнік / рэдкал.: С.В. Марцэлеў [і інш.]. – Минск : Беларуская Савецкая энцыкл., 1986. – 480 с.
5. Город Быхов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krynica.by/objects/item/51-g-bykhov.html>. – Дата доступа: 20.09.2017.

УДК 72.03(476.4)

ИСТОРИЯ И АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОСТЁЛА ВОЗНЕСЕНИЯ ДЕВЫ МАРИИ В ГОРОДЕ МСТИСЛАВЛЕ

В.В. ВАСИЛЕВСКАЯ

(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)

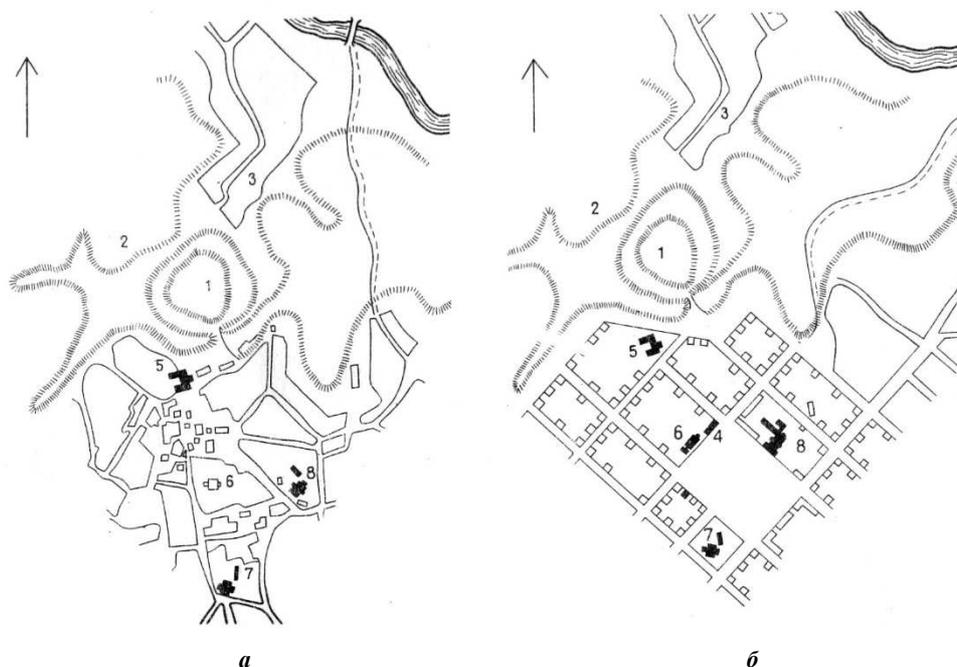
Рассмотрены градостроительные особенности Мстиславля, архитектурные особенности костёла Вознесения Девы Марии, его проблемы и туристический потенциал. Сделан вывод о возможности и перспективах использования архитектурного наследия города Мстиславля в туристической сфере.

Древнейшее поселение на территории города Быхов – городище (Девичья гора) днепро-двинской культуры (до I века до н. э.). Но город непосредственно возник на Замковой горе: в 1959 году здесь найден культурный слой с деревянными постройками и предметами XII века. Древний город состоял из княжеского замка с валом и рвом и близлежащего посада [1]; основан в 1135 году смоленским князем Ростиславом Мстиславичем и назван в честь своего отца Мстислава Великого. Первое упоминание о нем прозвучало в Ипатьевской летописи за 1156 год, когда городом владел Давыд Ростиславович [2]. С 1180 года центр Мстиславского княжества. В 1359 году литовский князь Ольгерд захватил Мстиславль и присоединил его к Великому Княжеству Литовскому. С этого времени начинается история Мстиславля как центра отдельного княжества.

Основная часть. Экономическому и культурному развитию Мстиславля способствовало его расположение на реке Вихре (бассейн Сожа и Днепра) и перекрестке сухопутных дорог с западных земель на Смоленск и Москву. В 1569 году Мстиславль стал центром обширного Мстиславского воеводства, в состав которого вошли города Могилев, Орша, Кричев.

В городской архитектуре Мстиславля отразилось своеобразие архитектурного наследия Беларуси, традиционная для страны поликонфессиональность и веротерпимость. Ни один город Восточной Беларуси не может сравниться с Мстиславлем по количеству сохранившихся оригинальных памятников культовой архитектуры XVII–XIX столетий – православной, католической, униатской.

Представление о старой планировке Мстиславля, разросшегося у древнего замка, дает схематическая подоснова на проектом плане города 1778 года (рисунок 1).



1 – Замковая гора; 2 – Троицкая гора; 3 – Подол; 4 – Афанасьевская улица / здание присутственных мест; 5 – костёл кармелитов; 6 – деревянная Троицкая церковь / каменная Троицкая церковь; 7 – бернадинский монастырь; 8 – иезуитский монастырь / городской Николаевский монастырь [4]

Рисунок 1. – Генеральная схема Мстиславля 70-е годы XVIII в. (а), середина XIX в. (б)

Примечание. Реконструкция автора.

Видно, что два основных уличных направления брали свое начало от детинца и переходили в дороги на Могилев и Чериков. Эти улицы не отличались четкой трассировкой, имели изломы. Арегулярность прослеживается во всей сети улиц, переулков и тупиков города, что объяснимо пересеченным рельефом, с одной стороны, нормами и укладом жизни средневекового города – с другой. Насыщенность территории уличной сетью отмечается близ детинца [3].

Проект города Мстиславля 1778 года был выполнен без учета исторически сложившейся планировки. По существу, был разработан совершенно новый, строго регулярный (геометрически «правильный») проектный план, в котором, однако, были сохранены все памятники архитектуры и археологии. Прямоугольная планировка конца XVIII века с осевой композицией, на которую нанизывались площади, сохранилась с небольшими изменениями до нашего времени и больше отражает градостроительную политику периода переустройства городов Российской империи, чем планировку старого Мстиславля (до XVIII века).

Кармелитский монастырь у подножия Замковой горы Мстиславля был основан в начале XVII века [3]. Костёл при монастыре изначально был деревянным и неприметным, но в 1617–1637 годах (по другим источникам, в 1637, 1638 гг.) на его месте был построен большой каменный храм (рисунок 2).

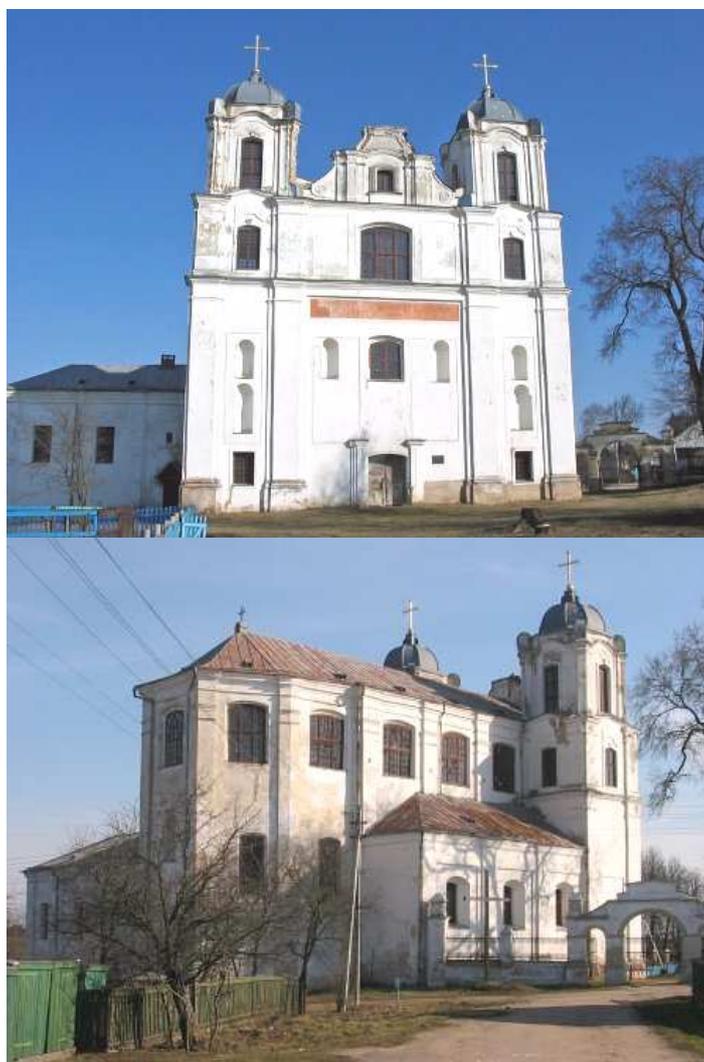


Рисунок 2. – Костёл Вознесения Девы Марии

Костёл Вознесения Девы Марии – каменная трёхнефная шестистолпная базилика с двухбашенным фасадом и пятигранной апсидой, к которой с севера прилегает двухэтажная постройка с вальмовой крышей. План храма (рисунок 3) близок к квадрату, что принципиально отличает его от традиционных базиликальных костелов.

Главный фасад фланкирован башнями с полусферическими куполами, завершен фигурным щитом между ними.

Стены (толщина достигает 1,5 м) оштукатурены и отделаны пилястрами, карнизами, профилированными тягами, прорезаны лучковыми оконными проёмами.

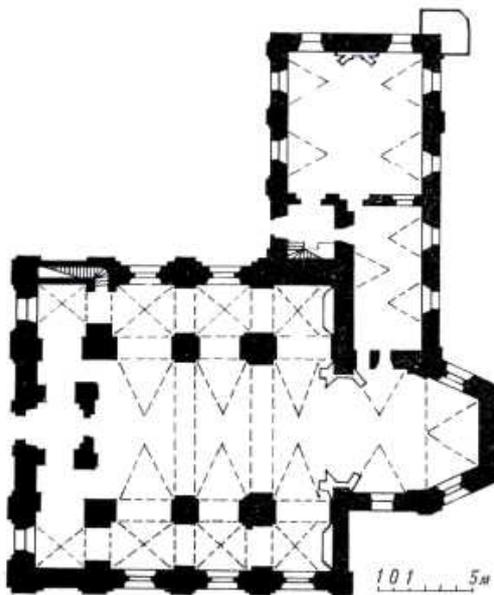


Рисунок 3. – План костёла Вознесения Девы Марии

В интерьере – хоры при входе «амбон», центральный и боковые алтари в стиле рококо. В этом же стиле выполнены фрески «тёплой» часовни.

Богато оформлена лепкой и фресками южная, северная и алтарная сцена главного нефа. Сохранилось около 20 композиций, в том числе на исторические темы: «Взятие Мстислава московским войском в 1654 году», «Убийство ксёндзев». Исторический интерес вызывает панорама старинного Мстиславля. Цветовая гамма на религиозные темы мягкая, выдержана в жёлто-коричневых и серо-голубых тонах. Сцены на исторические сюжеты имеют более яркую цветовую гамму. В композиции чувствуется перспективно-пространственный план, объём.

Рядом с костёлом построена кирпичная брама (рисунок 4), которая выглядит как три разновеликие полуциркульные арки. По бокам возвышаются пинакалы, над широкой центральной аркой размещается ступенчатый аттик [5].



Рисунок 4. – Брама костёла

Реконструкция еостела в 1746–1750 годах проходила под руководством архитектора Иоанна Гаубица (изменена форма крыши, декор главного фасада и интерьера, завершение трёхъярусных башен) и частично в 1887 году. Храм, оставаясь в прежних очертаниях, приобрел легкость и величественность, свойственные стилю виленского барокко.

В 1750 году его вновь освятили в честь Вознесения Пресвятой Девы Марии. В 1887 году храм был подвергнут реконструкции и обновлению.

В советские времена храм был закрыт. Он стоял пустой и ветшал, что, конечно, сказалось на его состоянии. В начале 1990-х годов началась реконструкция католической святыни. Несмотря на плачевное состояние и длящуюся уже более 20 лет реконструкцию храма, в нем все еще можно разглядеть великолепные фрески работы старых мастеров.

Заключение. Костёл представляет не только ценность из-за нетипичного для католического храмоустроения базиликального плана, но также реконструкции И. Глаубица и разнообразия росписей на религиозные и исторические темы. Однако затяжные работы по реконструкции не позволяют в полной мере использовать костёл ни для богослужений, ни для туристических целей. Католический приход проводит службы в пристройке, иногда внутри проводят выставки или экскурсии, но большая часть не обозревается, поскольку внутри располагаются большое количество строительных лесов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров, М.Н. Древнерусские города / М.Н. Тихомиров. – М. : Гос. изд-во полит. лит., 1956. – С. 38–475 с.
2. Алексеев, Л.В. Смоленская земля в XI–XIII вв. Очерки истории Смоленщины и Восточной Белоруссии / Л.В. Алексеев ; отв. ред. Я.Н. Шапов. – М. : Наука, 1980. – 157 с.
3. Мстиславль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://globus.tut.by/mstislavl/index.htm>. – Дата доступа: 26.09.2018.
4. Архитектурное наследство. Вып. 36. Русская архитектура / ВНИИ теории архитектуры и градостроительства. – М., 1988. – 255 с.
5. Марцэлеў, С.В. Збор помнікаў гісторыі і культуры / С.В. Марцэлеў. Магілёўская вобласць : энцыкл. даведнік / рэдкал.: С.В. Марцэлеў [і інш.]. – Мінск : Беларуская Савецкая энцыкл., 1986. – 480 с.
6. Кармелітскі кастел Вознесения Девы Марии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.votpusk.ru/country/dostoprim_info.asp?ID=12762. – Дата доступа: 27.09.2018.

УДК 72.012.1

ФАКТОРЫ ВЫБОРА МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ЦЕНТРА

О.Ю. ЯРМОШ

(Представлено: канд. архитектуры, доц. Г.И. ЗАХАРКИНА)

Рассмотрены вопросы местоположения многофункционального общественного центра. Показана важность освоения территории перед проектированием. Также рассмотрен метод западной оценки расположения многофункционального общественного центра.

В условиях высокой конкуренции в торговой сфере, важным этапом при проектировании новых и реконструкции действующих многофункциональных общественных центров (МОЦ) становится освоение территории. Это делается для того, чтобы созданные объекты могли успешно функционировать продолжительное время, быть конкурентоспособными и удобными для своих посетителей.

В настоящее время расстояние до торгового центра не имеет особого значения, наряду с тем, что можно в одном месте найти широчайший ассортимент предлагаемых товаров, а не довольствоваться скудным предложением ближайшего маленького магазина. Одним из таких примеров может служить «BIGZZ» в городе Минске (рисунок 1).



Рисунок 1. – Торгово-развлекательный центр «BIGZZ» в Минске

Таким образом, выбор местоположения МОЦ является одним из самых важных вопросов, которые должны решаться на стадии проектирования. С одной стороны, местоположение МОЦ определяет потенциальное количество посетителей и оборот. С другой – в зависимости от места стоимость получения прав на строительство и аренду земли может различаться в несколько раз. Наконец, размещение МОЦ влияет на его имидж. Но если арендная плата и стоимость получения прав на строительство известны заранее, оборот можно только прогнозировать. Поэтому прогнозирование оборота является центральной и наиболее сложной процедурой при выборе местоположения.

В условиях высокой конкуренции в торговой сфере важным этапом при проектировании новых и реконструкции действующих МОЦ объектов становится освоение территории. Это делается для того, чтобы созданные объекты могли успешно функционировать продолжительное время, быть конкурентоспособными и удобными для своих посетителей и местных жителей.

Основным фактором, влияющим на выбор места расположения МОЦ, является непосредственная близость к станциям метрополитена, к крупным транспортным узлам и магистралям общегородского значения. Одним из таких примеров является расположение Торгово-развлекательного комплекса «Galleria Minsk» (рисунок 2) в Минске по улице Победителей. Торгово-развлекательный комплекс построен в историческом и культурном центре Минска. Рядом располагается большинство достопримечательностей города. Рядом с Galleria Minsk находятся 2 станции метро, остановки 11 автобусных и троллейбусных маршрутов, 17 маршрутных такси.

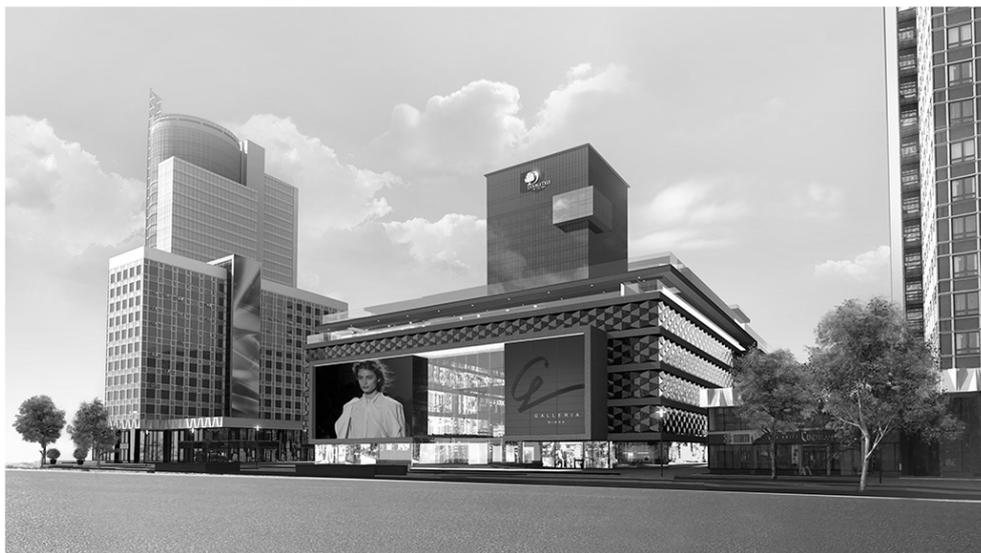


Рисунок 2. – Торгово-развлекательный комплекс «Galleria Minsk»

На западе для оценки местоположения объектов проектирования – торгово-развлекательных центров (ТРЦ) – применяют комбинированный метод Берри и Парра и методы Боулби, Брехени и Фута [1].

При использовании комбинированного метода оценивают макро- и микrorасположение объекта.

Показатели, рассматриваемые на стадии оценки микrorасположения, основаны на сведениях о состоянии экономики и демографической ситуации в предполагаемом для основания ТРЦ регионе на момент проведения исследования.

При оценке демографической ситуации рассматриваются численность и плотность населения, количество трудоспособного населения, уровень доходов и уровень безработицы.

При оценке экономической ситуации рассматривается объем и динамика ВВП, прямые зарубежные инвестиции, объем промышленного производства, уровень и динамика розничного товарооборота (как показатель платежеспособности населения).

Оценка микrorасположения подразумевает исследования:

- географического положения участка, его физических характеристик;
- инфраструктуры района, а именно доступность торгового центра для потенциальных клиентов, общий пассажиропоток прилегающей зоны (количество автомобилистов, общественного транспорта и пешеходов);
- транспортной доступности объекта на общественном транспорте;
- временной доступности объекта, а именно пешеходная, транспортная и пешеходно-транспортная зоны;
- улично-дорожной сети, а именно удобство подъезда к торговому центру;
- возможности размещения парковки;
- визуальной доступности объекта.

При определении формата торгового центра необходимо ориентироваться на определенный социальный класс или создать смешанную структуру, размещая бутики и недорогие магазины в одном месте. Это соединение может оказать позитивное воздействие на ТРЦ и привлечь в него дополнительное количество покупателей.

На основе вышерассмотренных показателей и методов оценки на территории города Минска выбраны несколько перспективных точек для расположения МОЦ: центральный район; трасса 62 через МКАД около аквапарка «Лебяжий»; исторический центр города Минска на улице Янки Купалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dis.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dis.ru/library/520/25648/>. – Дата доступа: 26.06.2018.
2. Torgovlya.info [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://torgovlya.info/torgovye-centry/factory-kotorye-vlijajut.html>. – Дата доступа: 26.06.2018.

УДК 72.012.1

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «BRUTTO»**О.Ю. ЯРМОШ***(Представлено: канд. архитектуры, доц. Г.И. ЗАХАРКИНА)*

Рассмотрены вопросы расположения торгово-развлекательного центра «BRUTTO» в городском пространстве, в частности, такой из них, как объединение под одной крышей разных функций многофункционального общественного центра. Показано влияние месторасположения здания на его внешний облик.

Как результат авторского исследования объемно-планировочных особенностей многофункциональных центров и определения мест их оптимального размещения на территории городов предлагается авторская разработка многофункционального центра «BRUTTO» в городе Минске [1].

Место на территории города выбрано по методике западных специалистов Берри и пара [2] в центральной части города по улице Янки Купалы.

Рядом с центром находятся 2 станции метро, остановки 11 автобусных и троллейбусных маршрутов, 17 маршрутных такси. В шаговой доступности располагается Galleria Minsk. Но они не конкурируют, поскольку в многофункциональном центре «BRUTTO» более развита развлекательная часть и в совокупности с Galleria Minsk насыщают современными функциями историческую часть города.



Рисунок 1. – Большой оперный театр, город Минск

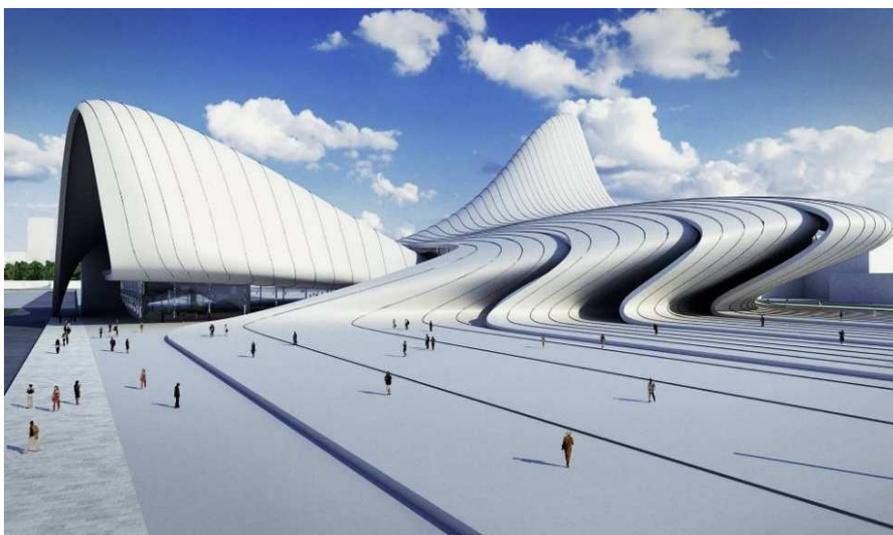


Рисунок 2. – Центр Гайдара Алиева, город Баку, Азербайджан

Выбор внешнего облика здания основан на двух критериях:

- первый – соседство театра оперы и балета (см. рисунок 1), отсюда возникла идея бионической архитектуры;

- второй – наличие реки Свислочь, которой созвучны пластичность и легкость форм работ архитектора Захи Хадид (см. рисунок 2).

Совместив два критерия в один, предложена авторская разработка многофункционального общественного центра «BRUTTO» (рисунок 3).



**Рисунок 3. – Многофункциональный общественный центр «BRUTTO»,
город Минск (авторский проект)**

Что касается объемно-планировочного решения, то здесь идет четкое зонирование по этажам для удобного пребывания людей с разными интересами. Здание состоит из двух соединённых объемов. В четырехэтажной части находятся выставочные залы и офисное пространство, а в восьмиэтажной части объединено несколько функций. Благодаря большому просторному холлу в первом уровне потоки посетителей распределяются по зонам, не создавая большого скопления в одном месте. На четвертом уровне находится фуд-корт для отдыха.

Большую часть времени, проводимого в торговом центре, посетители тратят на то, что не имеет к покупкам никакого отношения, а именно: питание, кино, игры, общение. Застройщики специально отводят под развлекательную зону большой объем здания.

Функция разработанного в проекте ресторанный двора аналогична – продлить визит покупателя. Здесь предлагается использовать в отделке твердые покрытия (плитка, жаростойкий пластик, нержавеющая сталь, стекло) – они долговечны и легко моются. Торговая зона расположена на 2-м ярусе МОЦ, выделение меньшего объема для торговли обусловлено тем, что в шаговой доступности уже есть огромный торговый комплекс.

Многофункциональный общественный центр «BRUTTO» направлен больше на развлечение и благоприятное времяпрепровождения как в нем, так и вблизи объекта. То есть это как точка скопления активных, готовых на веселье и общение людей. С учетом этого была разработана и пешеходная зона, исключив ее пересечение с проезжей частью. В связи с чем была предложена идея устройства транспортной магистрали ниже на 6 метров.

Многофункциональный комплекс оборудован двухуровневой парковкой, въезд на которую осуществляется с транспортной магистрали.

На генплане (рисунок 4) видны пешеходные пути, которые не пересекаются с транспортными потоками. Образ объемно-планировочного решения созвучен окружению, включая театр и водное зеркало реки Свислочь.



Рисунок 4. – Генеральный план многофункционального общественного центра «BRUTTO» по улице Янки Купалы в городе Минске (авторский проект)

В заключение проведенного исследования можно сделать *вывод*: данная предложенная разработка проекта многофункционального общественного центра, объединившая транспортную, торговую, офисную и развлекательную функции, его месторасположение, позволяет создать необходимые условия для шопинга, развлечения и отдыха жителям и гостям города.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.4p.ru/main/theory/2516/>. – Дата доступа: 26.06.2018.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://a-h.by/s153/archives/Po_kolichestvu_torgovyh_centrov_Minsk_sravnJaetsJa_s_PariZhem.html. – Дата доступа: 26.06.2018.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/collections/card/59c3cec6be1d7700cad12a7/>. – Дата доступа: 26.06.2018.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bolshoibelarus.by/rus/>. – Дата доступа: 26.06.2018.

УДК 635.015+69.001.5

**АКТУАЛЬНОСТЬ ГОРОДСКИХ УРБАНИСТИЧЕСКИХ ФЕРМ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ****Д.М. САДОВСКИЙ***(Представлено: Е.Ю. ОРЛОВСКАЯ)*

На основе анализа концептуальных и реализованных зарубежных проектов урбанистических городских ферм выявлены их основные преимущества и недостатки. Проанализирована актуальность развития городского фермерства в Республике Беларусь.

В Республике Беларусь остро стоит вопрос окупаемости сельскохозяйственных структур. Эта проблема существует из-за траты ресурсов на гектар для производства продукции. При внедрении многоуровневых урбанистических ферм, использующих гидропонные и аэропонные установки, потребность в обильных площадях фермерских угодий отпадёт. Благодаря урбанистическим фермерским угодьям поставки продовольствия будут осуществляться круглогодично, что избавит эту отрасль от зависимости климата, а также повысит рентабельность.

Целью представляемой работы является выявление актуальных направлений развития урбанизованных городских ферм на территории Республики Беларусь.

В качестве метода исследования выступает выполненный анализ основных качеств урбанизованных ферм в зарубежных странах.

Во многих зарубежных странах мира имеется опыт проектирования и строительства урбанизованных ферм различных видов. Для анализа были выбраны городские фермы, разработанные для таких городов, как Токио, Нью-Йорк, Париж. Одним из самых главных вопросов при реализации фермерства в городской структуре является выбор вида урбанизованной фермы, так как от этого зависит объём производства продукции и затраты. Главным аспектом в этом является сложившийся климат.

В Токио климат субтропический муссонный. При анализе температурного режима выявлено, что зима в этом регионе очень мягкая, выпадает малое количество снега [1]. В связи с этим в Токио распространены в большинстве открытые урбанизованные фермы (рисунок 1), что обуславливается их малой стоимостью строительства, эксплуатации, а в связи с мягким климатом реализуется всесезонное производство продукции.



Рисунок 1. – Открытая урбанизованная ферма.

Нью-Йорк находится на территории влажного субтропического климата с жарким летом. В данном регионе зимой температура в среднем колеблется между $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в это время года выпадает около 60 мм снега. Весна мягкая, с температурой от 7 до 16 $^{\circ}\text{C}$ [2]. Вследствие этого в городе распространены открытые и закрытые урбанизованные фермы (рисунок 2). Это объясняется тем, что у открытых ферм данного климата появляются проблемы с сезонной поставкой продукции и экологично-

стью, тогда как закрытые фермы лишены этих недостатков, а также увеличены качество и количество производимой продукции, однако стоимость их строительства и эксплуатации выше.



Рисунок 2. – Закрытая урбанизированная ферма

Климат Парижа умеренно континентальный. В этом регионе снег выпадает 11 дней в году, характеризуется мягкой зимой [3]. В результате этого в городе проектируются и реализовываются открытые и закрытые фермы, с преобладанием закрытых.

Основываясь на опыте реализованных открытых урбанизированных ферм в зарубежных странах, большинство проблем связано с климатом региона. Наиболее благоприятным климатом для данного вида фермерства считается тропический и субтропический с мягкой зимой. При умеренно континентальном климате наблюдается сезонность поставки продукции, что сказывается на их рентабельности. Из-за нахождения открытых урбанизированных ферм в структуре города они страдают от загрязнений, это влияет на экологичность производимой продукции. В связи с этим многие открытые урбанизированные фермы переходят на производство непотребляемой в пищу продукции. Открытые урбанизированные угодья в большинстве располагаются на кровле и фасадах.

В результате анализа открытых урбанизированных ферм были выявлены основные *недостатки*:

- зависимость от климатических условий региона;
- малая экологичность;
- малые объёмы производства.

К основным *преимуществам* можно отнести:

- экономичность;
- незначительные логистические затраты.

Закрытые урбанизированные фермы менее зависимы от климата и менее подвержены загрязнению. В результате компоновки производимой продукции и их контроля на всех стадиях роста повышаются объёмы производства. Однако такие фермы требуют большие расходы ресурсов при их строительстве, а также энергоресурсов при их эксплуатации, но в совокупности с повышенным объёмом производства рентабельность будет оставаться на допустимом уровне. В некоторых закрытых урбанизированных фермах используется искусственное освещение, что повышает контроль на всех стадиях роста и насыщенность вкуса производимой продукции [4]. Для повышения инсоляции и уменьшения стоимости территории закрытые фермы сооружаются на кровле уже существующих сооружений, в подвале оборудуются компосты для удаления отходов производства.

В результате анализа закрытых урбанизированных ферм к их *основным недостаткам* можно отнести:

- большие расходы ресурсов при их строительстве;
- большие расходы энергоресурсов при их эксплуатации.

Преимущества таких ферм:

- высокие объёмы производства;
- независимость от климатических условий;
- насыщенность вкуса;
- незначительные логистические затраты.

Опыт использования урбанистических ферм показывает, что наиболее актуальными площадками для реализации являются крупные городские образования. На территории Беларуси крупнейшим городом является Минск. Анализ его территориальных особенностей показал, что климат Минска умеренно-континентальный со значительным влиянием атлантического морского воздуха. Среднегодовое количество осадков составляет около 700 мм. Лето тёплое, среднесуточная температура в июле +18,5 °С. Зима мягкая, с частыми оттепелями, среднесуточная температура в январе –4,5 °С. В последние годы наметилась чёткая тенденция к повышению температуры в зимний период [5]. На основании этого можно сделать *вывод*, что закрытые урбанизированные фермы будут наиболее актуальными в этом регионе, но со временем актуальность открытых ферм будет повышаться из-за смягчения зимы. Также актуальность закрытых урбанизированных ферм повысится в связи со строительством БелАЭС и снижением стоимости электроэнергии для производств. К моменту введения в строй БелАЭС стоимость электроэнергии для производств снизится до 7,25 цента за 1 кВт·ч [6].

Внедрять закрытые урбанизированные фермы можно на плоской кровле торговых сооружений. В таких сооружениях можно организовать торговые точки продажи экологически чистой продукции, также возможна продажа в кафетериях и ресторанах торгового центра. Всё это повышает рентабельность и снижает затраты на логистику до минимума. В дальнейшем внедрение урбанизированных ферм в учебную структуру повысит осведомлённость молодого поколения о составе производимой в пищу продукции.

При реконструкции жилых сооружений расположение урбанизированных ферм на кровле для использования их жильцами будет служить как утеплитель жилого пространства. В основном ориентировано для людей пенсионного возраста и молодых семей.

Таким образом, можно сделать вывод, что на данном этапе развития урбанизированных ферм, учитывая климатические и социальные особенности региона Республики Беларусь, их внедрение в городскую структуру актуально; позволит повысить осведомлённость жителей о потребляемой растительной продукции, выращенной в городской структуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Токио [Электронный ресурс] // Википедия, свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Токио#Климат/>. – Дата доступа: 31.08.2018.
2. Нью-Йорк [Электронный ресурс] // Википедия, свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нью-Йорк#Климат/>. – Дата доступа: 31.08.2018.
3. Париж [Электронный ресурс] // Википедия, свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Париж#Климат/>. – Дата доступа: 31.08.2018.
4. Вертикальное фермерство: плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tkn.by/articles.php?lng=ru&pg=1793/>. – Дата доступа: 29.09.2018.
5. Минск [Электронный ресурс] // Википедия, свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Минск#Климат/>. – Дата доступа: 31.08.2018.
6. После запуска БелАЭС тарифы на электроэнергию снизятся только для предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://select.by/content/view/13853/891/>. – Дата доступа: 29.09.2018.

УДК 635.015+69.001.5

ТИПОЛОГИЯ ГОРОДСКИХ УРБАНИСТИЧЕСКИХ ФЕРМ

Д.М. САДОВСКИЙ

(Представлено: Е.Ю. ОРЛОВСКАЯ)

На основе анализа концептуальных и реализованных зарубежных проектов урбанистических городских ферм представлена их типология в зависимости от особенностей устройства. Выявлены основные достоинства и принципы функционирования.

Сегодня довольно остро стоит проблема обеспечения населения продовольствием. Несмотря на внедрение генетически модифицированных видов растений, не решаются такие проблемы, как зависимость урожая от погоды и истощение почв [1]. Согласно прогнозу Организации Объединённых Наций, к 2050 году население планеты преодолет отметку в 9 миллиардов, около 80% будут проживать в городах. Для того чтобы обеспечить подобное число людей продовольствием, нужны новые решения. Обширное распространение урбанизированных фермерских предприятий в городах, при которых исчезнет зависимость урожая от климатических условий и надобность в больших площадях сельхозугодий, позволит поднять степень развитости сельского хозяйства, увеличить степень осведомлённости жителей о потребляемой ими продукции, а также повысить уровень жизни.

Цель данной работы заключается в исследовании урбанистических ферм в городской структуре, определение типологии существующих и проектируемых вертикальных и горизонтальных ферм, а также определение их важности для современного общества.

Методы исследования. В ходе исследования в соответствии с поставленной целью выполнены следующие виды работ: проведён анализ концептуальных и реализованных проектов городских ферм, выполнена их систематизация; изучена искусственная среда обитания человека, созданная на базе естественно-природной среды в результате её преобразования городскими фермами.

Классификация типов и подтипов городских урбанистических ферм. Городская урбанистическая ферма – это сооружение или его часть, предназначенная для выращивания растительности в городской структуре. Фермерские угодья в городской структуре подразделяются на открытые и закрытые.

Открытые фермы экономичны в плане эксплуатации и строительства, имеют сезонность выращивания. Из-за загрязнённости в крупных городах такая продукция менее экологична [2]. В зависимости от способа выращивания, выделяются кровельная и фасадная открытые фермы.

Примером открытой урбанизированной кровельной фермы является НК Farm (рисунок 1), расположенная в городе Гонконг (КНР). Ферма была основана в марте 2012 года с целью популяризации ферм на крышах и повышения качества продуктов местного производства. НК Farm не использует никаких технологических новшеств, вся производимая продукция произрастает в небольших контейнерах [3]. Такая ферма является экономически выгодным вариантом для популяризации ферм в городах, однако она не избавлена от основных минусов традиционного фермерства.



Рисунок 1. – Открытая урбанизированная кровельная ферма НКFarm

Примером открытого фасадного урбанизированного фермерства является сооружение компании Pasona Group (рисунок 2) в Токио (Япония). Это 9-этажное здание с помещениями, сдаваемыми под офи-

сы, зрительным залом и кафе. Зелёный фасад здания запроектирован в два уровня, также предусмотрен сад на крыше и городские объекты сельского хозяйства, встроенные в здание. Озеленение составляет свыше 43 тыс. кв. метров с 200-ми разновидностями фруктов, овощей и риса, которые собирают, готовят и подают в кафетериях. Зелёный фасад формируется из сезонных цветов и апельсиновых деревьев, посаженных в глубоких балконах, выделяющих сооружение среди окружающей застройки [4].



Рисунок 2. – Открытая фасадная урбанистическая ферма PasonaHQ

Закрытые фермы подразделяются на использующие естественное, искусственное и комбинированное освещение. Такие фермы могут быть подвижными и неподвижными. Внутри фермы стеллажи с растениями располагаются вертикально и горизонтально. Примером закрытой вертикальной неподвижной урбанизированной фермы является проект-стартап SquareRoots (рисунок 3).



Рисунок 3. – Устройство закрытой вертикальной фермы SquareRoots

В рамках представленного проекта сконструированы контейнеры, в которых растения приносят плоды при минимуме освещения и воды. Это позволяет выращивать продукцию круглый год в малодоступных зонах планеты. Ферма представляет собой контейнер (около 13 метров в длину) с датчиками температуры, особым освещением, техникой для полива и системой контроля климата. Один контейнер даёт возможность выращивать около 22 килограммов листовых растений в неделю [5].

Представленный стартап является примером внедрения городского фермерства в существующие городские объёмы, не нарушая общую композицию застройки.

Закрытое урбанистическое фермерство аналогично тепличному, однако требует гораздо меньшей территории. На данном этапе развития эти фермы продуктивнее классических в среднем в 4 раза. Растения можно выращивать разнообразными способами: с почвой, влажно-воздушной, водной или влагоёмкой средах. В зависимости от типа продукция может обладать такими плюсами, как насыщенный вкус, чистота, стабильность урожая, сбор продукции круглый год, уменьшение логистических затрат. Данный тип сооружений направлен на повышение уровня жизни в условиях урбанизации путём производства свежей продукции, а также увеличение осведомлённости горожан о производстве пищи.

На основе анализа концептуальных и реализованных зарубежных проектов урбанистических городских ферм, составлена их типология в зависимости от особенностей устройства (рисунок 4).

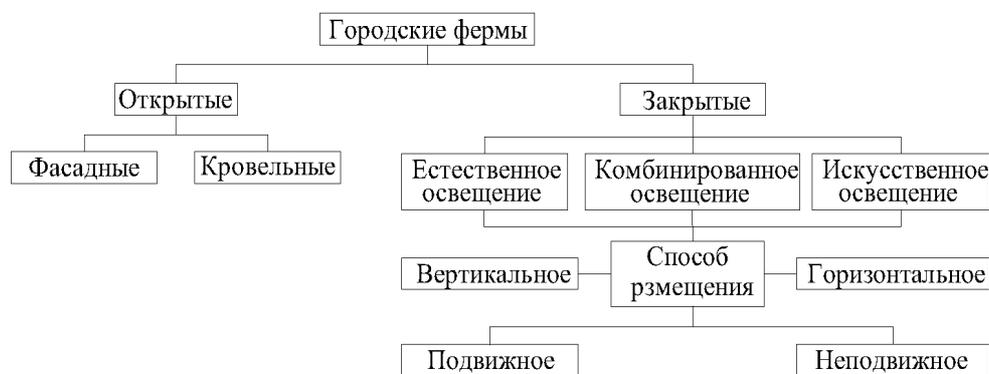


Рисунок 4. – Классификация городских ферм

Разработанная типология может быть использована студентами-архитекторами в учебном процессе при проектировании и в лекционных курсах, а также учёными-фермерами, внедряющими технологии борьбы с истощением почв и осуществляющими поиск новых способов выращивания агрокультур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы деградация почв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ecodelo.org/9157-problemy_degradatsiya_pochv-geoeкологиya. – Дата доступа: 31.08.2018.
2. Кислородная маска для города [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bellona.ru/2017/09/18/kislorodnaya-mask-a-dlya-goroda/>. – Дата доступа: 31.08.2018.
3. Невероятные городские фермы Гонконга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grodno.greenbelarus.info/articles/01-03-2016/neveroyatnye-gorodskie-fermy-gonkong-a-foto-i-video>. – Дата доступа: 31.08.2018.
4. Городские фермы в центре мегаполиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eco-bud.com/interesno/gorodskie-fermy-v-centre-megapolisa.html>. – Дата доступа: 31.08.2018.
5. Local, realfood, Next-genfarmers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://squarerootsgrow.com/>. – Дата доступа: 31.08.2018.

УДК 711.4

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Т.О. ТЯПКО

(Представлено: **В.И. МАТВЕЙЧУК**)

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при формировании общественных пространств, а также основные тенденции реконструкции и преобразования современных общественных пространств.

Общественное пространство – целостно воспринимаемый конкретный фрагмент архитектурно освоенного городского пространства, предназначенный для различных функциональных процессов жизнедеятельности человека. Его предметно-пространственная среда, непосредственное окружение есть совокупность природных и искусственных элементов и их вещественное наполнение, находящиеся в постоянном взаимодействии с человеком и изменяемые в процессе его деятельности. Современное неудовлетворительное моральное и физическое состояние общественных пространств и несоответствие их функционального наполнения снижают социальную эффективность пространств города в целом. Правильно организованное открытое пространство с точки зрения архитектурного формирования среды обитания человека, которое поощряет активную деятельность на свежем воздухе и социальную связь, является общественным достоянием, которое может потенциально способствовать здоровью местных жителей и социальной гармонии сообщества.

В настоящее время городская среда большинства городов как в Беларуси, так и за рубежом отличается дискомфортом:

- нарушением «человеческих» масштабов (рисунок 1, а, б);
- несоответствием реальных метрических и визуально-эстетических свойств улиц и площадей их функциональному использованию и требованиям создания комфортных условий для человека (рисунок 2);
- перенасыщенностью и не структурированностью информационно-рекламных элементов;
- недостатком информационно-ориентирующих средств;
- нерациональным использованием недостаточным функциональным насыщением открытых пространств города в различное время года и суток;
- плохой организацией среды для разных возрастных и социальных групп населения;
- отсутствием удобств для маломобильных групп населения.



Рисунок 1. – Нарушение человеческих масштабов (а). Дубай, ОАЭ; восприятие людьми высоты здания (б)

В такой среде возникает необходимость реновации и гуманизации общественных пространств.

Сегодня приобретают актуальность вопросы преобразования и реконструкции среды современного города с учетом новейших инженерных и социальных требований, с соблюдением интересов пользо-

вателей на качественном уровне. Различные вмешательства в городах могут изменять общественные места для решения социальных проблем, проблем окружающей среды или здоровья или даже активировать местную экономику [5]. В этом контексте практика обновления, переквалификации, возрождения и реабилитации может быть использована не только для обновления города, но и для активного решения широкого круга проблем.



Рисунок 2. – Изменение использования территории для повышения социальной активности. Нью-Йорк, Таймс-сквер

Выработанные современной практикой приемы и способы организации городских пространств помогают укреплять социальную структуру сообщества, способствуют экономическому развитию, созданию здоровой и гармоничной среды. Основные современные тенденции при создании общественных пространств неизменны по всему миру:

- благоустроенная и бестранспортная пешеходная инфраструктура (рисунок 3, в);
- рациональное функциональное зонирование общественного пространства;
- создание и поддержание психологического комфорта, ощущения безопасности (рисунок 3, а);
- формирование экологически благоприятной городской среды;
- повышение визуальной привлекательности общественных пространств города;
- соответствие «человеческому масштабу» (см. рисунок 2);
- создание коммуникативных общественных пространств (рисунок 3, б);
- использование универсального дизайна и принципов формирования безбарьерной среды (рисунок 4, а–в).

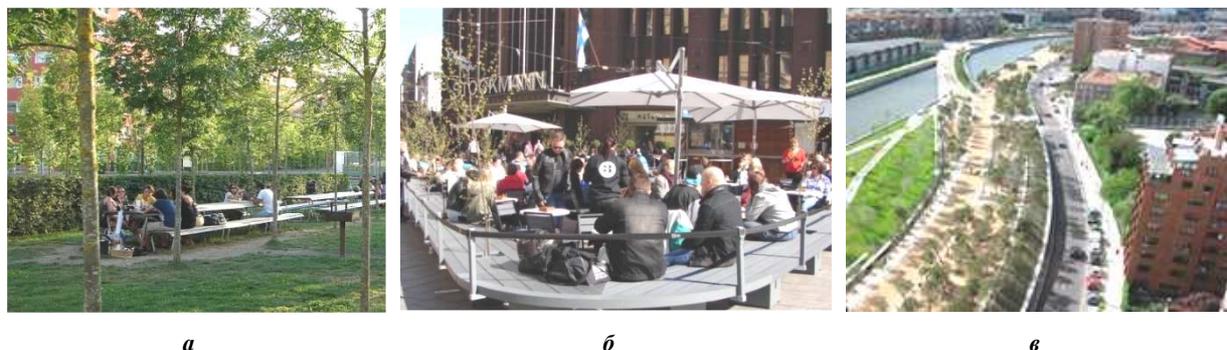


Рисунок 3. – Экранирование пространства для создания чувства защищенности (а), г. Хельсинки, проспект Маннергейма; уличное кафе с граничным сидением по периметру (б), г. Хельсинки, проспект Маннергейма; создание удобных пешеходных связей (в). Мадрид, Испания

Новые модели городской реорганизации должны учитывать, что трансформационные процессы являются обязанностью не одного субъекта, организации, учреждения или сектора. Изменения должны управляться с участием заинтересованных субъектов со стороны спроса и предложения, иметь долгосрочную перспективу и оставаться гибкими, позволяющими адаптироваться к рыночным и социальным изменениям [2]. В любом обширном процессе обновления городов первоначальные цели проекта могут со временем меняться, и гибкость в этом случае возрастает по мере того, как временные рамки расширяются в будущем [2]. Изучение того, как пространство, подлежащее ремонту, оценивается с финансовой точки зрения, не только служит для определения параметров вариантов развития проекта, но также имеет решающее значение для удовлетворения интересов общественности. Процесс планирования должен раз-

рабатывать и утверждать четкие цели, а не только желаемые результаты. Лучшие цели будут конкретными и измеримыми, а также демонстрируют физические, экономические и социальные результаты проекта. Часто существует множество вариантов для достижения одинаковых целей развития, и их следует сравнивать друг с другом, а также с вариантом того, что может произойти без какого-либо вмешательства.

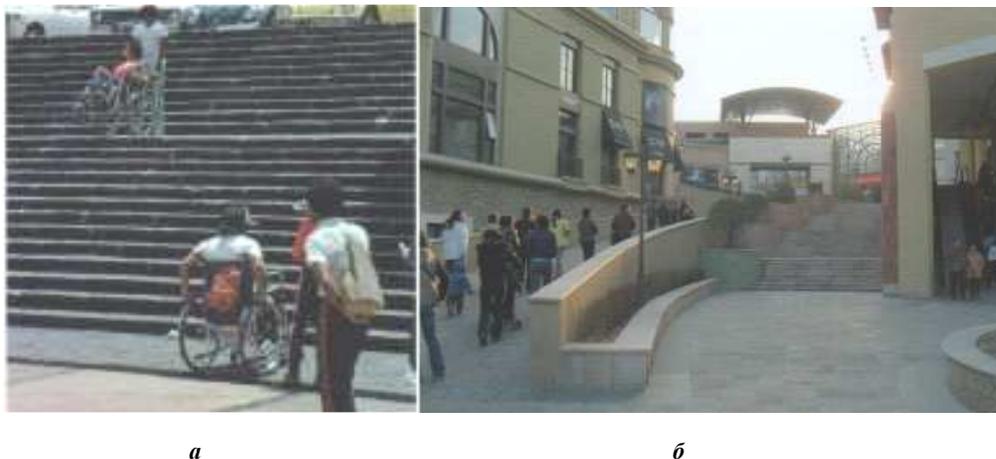


Рисунок 4. – Невозможность использования пространства маломобильными группами (а); инклюзивный подход (б), предоставляющий людям выбор воспользоваться лестницей, пандусом или эскалатором

Планировщики, осуществляющие вмешательство в существующее пространство, должны делиться своим видением и включать людей в планирование с первого дня [1]. Методы принятия решений, такие как анализ затрат и выгод, следует разъяснять, помогая сообществам ощущать чувство собственности. При реорганизации пространства нужно вовлекать население в процесс реализации проекта. Такой метод повысит привязанность к территории, увеличит посещаемость, а общественные пространства, наполненные людьми, будут меньше подвержены вандализму [4].

Благосклонность жителей к той или иной городской территории главным образом определяет наличие возможности взаимодействия (места встреч, развлекательные территории), открытости (насколько место «дружелюбно» к посетителю), эстетики территории (физическая красота и озелененные пространства).

Открытые общественные пространства – это ключевые элементы встроенной среды, предназначенные для поощрения различных физических видов деятельности, предоставления ряда преимуществ и обслуживания различных важных функций, которые улучшают качество жизни в городах. Они являются привлекательными местами, улучшают урбанистическую эстетику, стимулируют активность во время повседневной деятельности и тем самым способствуют активной деятельности. Присутствие общественных мест в городских районах способствует развитию физической активности и профилактике хронических заболеваний. Поэтому очень важно следить за качеством общественных городских пространств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гейл, Я. Города для людей / Я. Гейл. – М. : Крост-концепт, 2012.
2. Техносфера [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/dizayn-sredy-otkrytyh-prostranstv-tsentra-istoricheskogo-goroda>. – Дата доступа: 29.09.2018.
3. Зитте, К. Художественные основы градостроительства / К. Зитте. – М. : Стройиздат, 1993. – 255 с.
4. Шимко, В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование. Основы теории / В.Т. Шимко. – М. : СПЦ-принт, 2003.
5. Urban open space: a brief for action. 2016 г. / World health organization.

УДК 711.553

ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ**Т.О. ТЯПКО***(Представлено: В.И. МАТВЕЙЧУК)*

Рассмотрены понятия доступности в широком охвате понятия, подразумевая использование пространств различными группами населения с учетом сценариев действий. Рассмотрено понятие универсального дизайна и примеры его применения.

Общественное пространство должно быть доступным для любого, независимо от этнического происхождения, возраста и пола. Внешне одинаковые пространства могут иметь разную историю создания, разную степень вовлечения будущих пользователей, разные способы возведения.

Доступность открытых пространств обычно считается наиболее важным фактором, влияющим на их использование. Существуют значительные различия в использовании близлежащих открытых пространств различными группами. Среди женщин и мужчин, а также среди молодых и пожилых людей отношения между активностью и жизнью вблизи открытых пространств имеют различия. Возраст, пол, семейное положение и область проживания являются факторами, влияющими на характер использования близлежащих открытых пространств. В городских центрах и местных кварталах общественные места обеспечивают социальные арены для всех людей – жителей, рабочих, покупателей, посетителей и детей в игре. Различные возрастные группы склонны использовать общественные места в разное время суток и по разным причинам. У пожилых людей и детей, в частности, влияло присутствие других возрастных групп. Пожилые люди часто отсутствуют в общественных местах, особенно после наступления темноты.

Места приобретают репутации (справедливо или несправедливо), которые сохраняются и влияют на то, как люди их используют. Влияние репутации – важный аспект идентичности места, вызывающий озабоченность как у властей, так и горожан. Но людей привлекают пространства, которые предлагают интерес, стимуляцию, комфорт и удобство. Эти аспекты могут положительно изменить репутацию и преодолеть физические барьеры, испытываемые некоторыми пользователями. Регуляторные подходы варьируются от сильного вмешательства до легких изменений, отражающих различные акценты на безопасности и репутации.

Создание новых архитектурных проектов, изначально учитывающих потребности маломобильных групп населения, позволит сразу же формировать доступную среду. Цель состоит в том, чтобы облегчить доступность, чтобы каждый человек мог использовать пространство на равных условиях (рисунок 1). И данный подход необходимо рассматривать не как обязательство, а как одну из главных тенденций в современном проектировании.



Рисунок 1. – Использование универсального дизайна для создания равноправных условий пользования средой

Дизайн общественного пространства – отличная возможность воплотить универсальный дизайн в качестве стандартной практики. Чтобы вернуть все группы горожан на улицы, площади, парки и набережные городов, универсальный дизайн является отличным инструментом для повышения комфорта и безопасности множества пользователей. Речь идет об инклюзивных подходах в проектировании и реконструкции, суть которых заключается в интеграции универсальных дизайнерских концепций во все проекты, будь то исторические ландшафты или новые современные места.

Большие площади с доступными газонами, ухоженные пешеходные дорожки, места, коммерческие объекты и водные ландшафты являются важными характеристиками, которые могут увеличить использование общественных пространств [2].

Исходя из различных потребностей каждой группы населения, эти общественные пространства необходимо создавать многофункциональными для реализации различных сценариев поведения, причем каждая зона должна создаваться с учетом возможностей их использования маломобильными группами населения. Необходимо четко разделять безбарьерную среду и универсальный дизайн. Безбарьерная среда обозначает отсутствие физических, архитектурных барьеров, универсальный же дизайн убирает и другие, в том числе «невидимые» препятствия, например, трудности при ориентации в пространстве, коммуникационные сложности и т. д. [1].

Универсальный дизайн не имеет конечного состояния, может постоянно дополняться и совершенствоваться. С учетом принципов универсального дизайна, разрабатываемые проектные решения не должны нуждаться в адаптации или специальном дизайне для людей с ограниченными возможностями. Такие решения не должны «сигнализировать», что они были разработаны для конкретной группы пользователей (рисунок 2, а, б), когда нормативы по доступности, в свою очередь, создают иллюзию, что только люди с ограниченными возможностями нуждаются в увеличении удобства и безопасности.



а

б

а – карусель детской игровой площадки; б – уличные тренажёры

Рисунок 2. – Использование элементов среды, не выделяющих особенностей групп

Еще один показатель доступности общественного пространства – это возможность его использования в различное время суток и поры года (рисунки 3, 4).



Рисунок 3. – Использование озера в центральном парке в Нью-Йорке в разное время года

Благоустроенные, эстетически полноценные и психологически комфортные улицы и общественные пространства способствуют снижению уровня преступности и насилия, создают возможности для формальной и неформальной социальной, культурной, экономической деятельности, способствующей росту взаимного доверия безопасности [3].

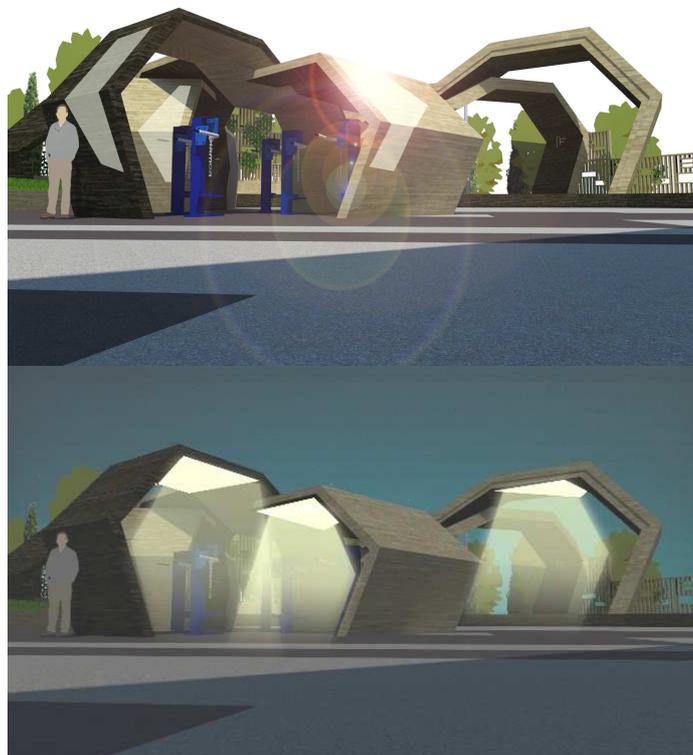


Рисунок 4. – Возможность использования уличных тренажеров в темное время суток (проектное предложение для Дворца детей и молодежи в городе Новополоцке, автор Тяпко Т.О.)

В заключение можно сделать следующие *выводы*:

- преобразование общественных пространств должно стать результатом совместной деятельности властей, специалистов и горожан;
- участие горожан в обсуждениях и реализациях проектов является фундаментом для долгосрочного существования создаваемых пространств и создания все большего количества новых мест;
- осознание необходимости преобразований – важный шаг на пути создания качественно новой доступной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Универсальный дизайн – концепция удобная для каждого [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.disright.org-2011; <http://www.disright.org/ru/news/universalnyy-dizayn-koncepciya-udobnaya-dlya-kazhdogo>. – Дата доступа: 22.09.2018.
2. В поисках идеального общественного пространства Минска: тактический урбанизм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://urbanist.by/tactical-urbanism/>. – Дата доступа: 19.09.2018.
3. Urban open space: a brief for action. 2016 г. World health organization.

УДК 725.131

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБРАЗ РАТУШИ

А.В. ЛОВЕЙКО

(Представлено: А.С. ЗИНОВЬЕВ)

Приведены сведения о причинах появления такого типа общественных зданий, как ратуша. Дано полное представление об основных архитектурных особенностях европейских ратуш. Рассматривается роль и актуальность сложившегося архитектурного образа ратуш на данном этапе развития мира.

Обращаясь к истории социально-экономического развития общества, можно установить влияние изменений, происходящих в обществе, на формирование культуры в целом, а также архитектуры в частности. Таким образом, в период средневековья, а конкретнее в XIII веке, сложились определенные условия для появления такого объекта в градостроительной архитектуре, как ратуша.

Ратуши стали неотъемлемым атрибутом городов и повлияли на развитие городского архитектурного ансамбля. На протяжении веков данные здания изменялись и преобразовывались. Некоторые из них сохранились до наших дней и являются памятниками, а некоторые продолжают использоваться по назначению.

Почему ратуши стали обязательным элементом городов? Какие функции выполняли данные объекты? Как они выглядели? На эти вопросы попытаемся ответить в данной работе.

Цель данного исследования связана со следующими вопросами:

- установить причину возникновения нового типа общественных зданий в архитектуре;
- определить основные функции ратуш;
- выявить месторасположение и роль в общегородской застройке;
- определить основные архитектурные особенности ратуш;
- выявить значимость и актуальность архитектурного образа ратуш в современном мире.

Исследовательская часть*Понятие «ратуша»*

Ратуша (от нем. Rathaus – «дом совета», в русский заимствована через польск. – ratusz) – здание городского самоуправления в ряде европейских стран. Именно данные архитектурные объекты были неотъемлемым атрибутом городов, которые имели привилегии мадебургского права. История ратуши и мадебургского права неотделимы друг от друга.

Мадебургское право – причина появления ратуш

Мадебургское право возникло в XIII веке в городе Мадебурге, регулировало положение и деятельность горожан в условиях феодального общества. Город получал право создавать собственный орган самоуправления – магистрат, который ведал всей жизнью города, являясь распорядительным (законодательным), исполнительным и судебным органом. Грамота на мадебургское право устанавливала определенные привилегии для горожан: жители города освобождались от феодальных повинностей, от суда и власти воевод, старост и других государственных лиц. Учреждались городской герб и знамя – символы города. В первую очередь, здание ратуши строилось для заседаний магистрата. Также в ратуше должны были храниться меры веса, объема, принятые в городе, а также герб города.

Первые ратуши

Сравнительно позднее появление специальных зданий муниципалитетов – ратуш – объясняется тем, что при получении муниципальных прав городская община обычно покупала или получала от феодала его городской дворец или укрепленный дом-башню. Так, например, городские башни, служившие ратушами в Амьене и Булони, раньше были графскими донжонами.

Ратуши в городской застройке

Ратуши выделялись среди другой застройки города, так как в них располагалась городская власть – один из основных факторов влияния на формирование целого образа сооружения. Потребность в таких зданиях имеет глубокие корни, похожие здания возводили в античной Греции (buleterion) и в Риме (curia). В Европе старейшие средневековые ратуши начинают строить в X веке и для этого выбирают символические места – преимущественно в центре города. Первично место под сооружение ратуши выбиралось посреди рыночной площади, с удобными коммуникационными соединениями. Горизонтальные габариты определялись размером площади, статусом города и его влиянием на политику в регионе.

Отличительные черты ратуши

На объемно-пространственное формирование этих сооружений влияли архитектурные стили, строительный материал, символические и идеологические образования города и государства. Архитектурные стили в истории соотносятся с периодической последовательностью качественных изменений, большин-

ство из которых возникли вследствие революций, войн и внешнегосударственной экспансии. Выбор строительного материала, из которого возводились ратуши, зависел от административно-политического статуса города, его экономического и стратегического потенциала.

Архитектурный тип ратуши, сложившийся в основном в XII–XIV веках, включал элементы крепостного и культового зодчества. Ратуши были преимущественно прямоугольными в плане. Архитектурное решение фасадов было монументальным, почти всегда с многоярусной башней и часами. Башня встроена в объем здания или свободно располагалась рядом, она символизировала самостоятельность и политические вольности города. Чаще всего ратуша представляла двухэтажное здание, композиционным ядром которого являлся зал совещаний городской власти на 2-м этаже, где также находился балкон или эркер, предназначенный для обращения к горожанам. Ратуша также состояла из судебной палаты, помещения дежурного городского караула, купеческих магазинов. Рядом с ратушей возводили разные сооружения торгового назначения.

Отличительные черты ратуши на примере Брюссельской городской ратуши

Наиболее полное представление о классическом образе ратуши можно получить при достаточно подробном рассмотрении примера – широко известной городской ратуши в Брюсселе (рисунки 1, 2).



Рисунок 1. – Ратуша в Брюсселе

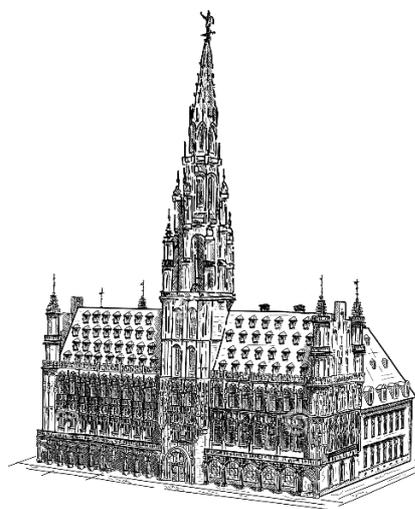


Рисунок 2. – Графическое изображение ратуши в Брюсселе

Классический образец готической архитектуры – городская ратуша в Брюсселе (1401–1456 гг.), строителями которой были архитектор Якоб ван Тинен и Ян ван Рейсбрук. Это трёхэтажное здание первой половины XV века. Над ратушей возвышается башня. В основе башни сооружены широкие овалы ворота, их выступления украшают скульптуры, символизирующие Правосудие, Осторожность, Мир, Закон, Сдержанность и Силу.

Брюссельская ратуша обращает на себя внимание, прежде всего, своими масштабами. Это монументальное сооружение в три очень высоких этажа, завершающихся высокой крутой кровлей с четырьмя пинаклями (декоративная копьевидная башенка, часто увенчана остроконечными фиалами, то есть каменными пирамидками). По центральной оси фасада здание увенчано необычайно высокой для гражданских построек стройной башней, достигающей 114 м.

Образный замысел этого здания представляет собой творческое претворение старого типа городских торговых рядов, завершённых монументальной башней. Нижний этаж ратуши решен в виде арочной галереи; поскольку торговых помещений в ратуше не было, аркада нижнего этажа выполняла в основном декоративно-представительные функции. Фасад в изобилии насыщен скульптурными элементами. В простенках между окнами, а также в промежутках между этажами расположено огромное множество статуй, которые утрачивают свою самостоятельность и воспринимаются в качестве своеобразного декора. Сама башня, несколько более массивная в первых ярусах, а в верхней части, в сочетании с системой ярусных контрфорсов, становится легкой и ажурной и завершается высоким сквозным шатром, увенчанным фигурой архангела Михаила.

Внутри здание ратуши подверглось перестройке. Главный зал, по традиции расположенный на втором этаже, отличался очень большими размерами, достигая 60 м в длину.

Занимая почти целиком одну из сторон главной площади Брюсселя (Гран-плас), ратуша помещена в окружении гильдейских и цеховых домов, узкие дробные по членениям фасады которых

подчеркивают ее масштаб. Превосходя высотой своей башни монументальные церковные сооружения, ратуша играла ключевую роль в формировании центра Брюсселя не только в эпоху Возрождения, но и в последующие столетия.

Формирование и развитие образа ратуши в истории

Архитектурные формы ратуши изменялись вдоль столетий соответственно развитию искусства – от суровых средневековых оборонительных зданий к богато украшенным фасадам. Формы готики предопределили структуру немецких ратуш (например, ратуша в Штральзунде), а также ратуши Фландрии, выделявшиеся своей высотой, часто – трёхэтажным построением (ратуша в Ауденарде). В XVI–XVII веках на средневековую композиционную основу ратуши накладываются ренессансные и барочные элементы. Строительство ратуш широко возобновляется в XIX веке и принимает особый размах в XX веке. Современная ратуша, как правило, представляет собой функционалистское административное здание, иногда органично сочетающееся с исторически сложившимся городским окружением. Архитектурное решение фасадов зависело от времени строительства, а их изменение – от политического устройства или принадлежности к определенному государству.

Ратуши и современный мир

Сооружение ратуши было определенным символом. Этот символ имел важное значение для формирования мещанской жизни и национального единства. Так, вмешательство в образ ратуши могло послужить причиной изменения общественных настроев. Архитектурный образ ратуши в городе имел влияние не только на формирование единства, но также на художественную ценность целого городского ансамбля.

На текущем этапе истории эти сооружения не занимают такое значимое место среди общественных зданий. В современных условиях ратуши, в частности на территории Беларуси, утратили своё значение. Сохранившиеся ратуши используются в качестве памятников архитектуры, музеев. В связи с этим архитектурный образ, сформировавшийся в истории, становится нецелесообразным, его перестают использовать в строительстве.

И хотя ратуши потеряли свое величие и значимость, их архитектурный образ остается неотъемлемым в развитии и формировании городов, а также является его украшением.

Таким образом, проанализировав причину возникновения ратуш, их функции, роль в городской застройке, структуру (рассмотрев ее на конкретном примере), можно сделать следующие основные выводы:

- 1) появление ратуш связано с возникновением магдебургского права и приобретением независимости городами;
- 2) ратуши служили местом заседания магистрата, а также являли своеобразным символом свободы и единства города;
- 3) располагались ратуши преимущественно на центральной площади города;
- 4) основными элементами ратуши являются многоярусная башня с часами, двухэтажная структура, зал заседаний на втором этаже, балкон или эркер, выходящий на главный фасад;
- 5) несмотря на изменения и преобразования в процессе истории, назначение ратуш оставалось неизменным; и хотя на текущий момент ратуши не имеют такого определяющего значения для города и его архитектурного облика, как раньше, их продолжают возводить, но уже называя по-иному, в зависимости от их назначения;
- 6) некоторые сохранившиеся ратуши продолжают выполнять свое прямое предназначение, другие же стали памятниками архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архив знаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://um.vn.ua/architectura/archit396.html>. – Дата доступа: 10.09.2017.
2. Академик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/168855/ратуша>. – Дата доступа: 10.09.2017.
3. Минск старый и новый [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsk-old-new.com/places/verhnij-gorod/ratusha>. – Дата доступа: 10.09.2017.
4. Totalarch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://totalarch.ru/choisy_history_architecture/middleages_civil/5. – Дата доступа: 10.09.2017.
5. Artyx.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artyx.ru/books/item/f00/s00/z0000007/st015.shtml>. – Дата доступа: 10.09.2017.
6. Schooled.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://schooled.ru/textbook/history/7klasv/51.html>. – Дата доступа: 10.09.2017.
7. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Пинакль>. – Дата доступа: 10.09.2017.

УДК 725.131(476)

РАТУШИ БЕЛАРУСИ

А.В. ЛОВЕЙКО

(Представлено: А.С. ЗИНОВЬЕВ)

Представлены отличительные признаки ратуш Беларуси и Европы при сравнении их по различным критериям. Выявлены характерные черты белорусских зданий данного типа, определена роль существующих на данный момент белорусских ратуш в современном мире. Определены временные рамки появления белорусских ратуш и состояния сохранности в наши дни.

Такой общественный тип зданий, как ратуша, возник в XIII веке с появлением магдебургского права. Однако данные объекты стали возводиться массово на тот момент только на территории Европы. В Беларуси ратуши появились в XV веке. Белорусские дома магистратов были своеобразными аналогами своих европейских предшественников, однако имели отличительные особенности.

Цели представляемого исследования:

- установить период строительства первых ратуш на территории Беларуси;
- определить характерные черты и особенности архитектурного построения ратуш Беларуси;
- произвести сравнительный анализ, на основании которого выявить отличительные признаки ратуш на территории Беларуси и Европы, если таковые имеются;
- определить сохранившиеся ратуши на территории Беларуси и их значимость на современном этапе истории.

Основная часть*Ратуши Беларуси*

В Беларусь магдебургское право пришло в конце XIV века из Польши. Из городов, расположенных на территории современной Беларуси, первую грамоту на магдебургское право получили: Брест (1390); Гродно (в 1391 – неполное, в 1496 – полное); Слуцк (1441); Полоцк (1498); Минск (1499). В XVI–XVIII веках магдебургское право получили почти все крупные и средние города Беларуси, а также местечки. В результате это послужило толчком для строительства новых общественных зданий – ратуш.

Характерные черты ратуш Беларуси

Вначале здания ратуш были деревянными. С XVI–XVII веков стали возводить каменные здания. Располагались они преимущественно на центральных площадях городов. Часто в комплексе с ратушами или поблизости от них строились торговые ряды. Традиционно здание ратуши было двухэтажным и низким, простым по форме, с высокой богато декорированной башней со шпилем. На башне помещались часы, колокол и наблюдательная площадка (колокол и часы были символами самостоятельности города). Встречались ратуши и без башен. В них обычно размещались канцелярия, городская казна, архив с книгами административных предписаний рады и ее судебных решений. Основное помещение ратуши – магистратский зал. Подвалы и первые этажи отводилась под торговые ряды, склады товаров приезжих купцов.

Сравнение по стилям

Анализируя даты строительства ратуш Европы и Беларуси, а также стили построек, можно отметить, что на территории Европы преобладали такие архитектурные стили, как ренессанс и готика, в строительстве ратуш. Для Беларуси характерно использование барокко и классицизма. Данные решения обусловлены временем строительства (таблице 1), и, следовательно, тем, какой стиль преобладал в рассматриваемый период.

Таблица 1. – Сравнение ратуш Беларуси и Европы по стилям

№	Город	Дата строительства (каменное здание)	Архитектурный стиль постройки
<i>Ратуши Беларуси</i>			
1	Минск	1600	Классицизм
2	Несвиж	1596	Позднее барокко
3	Могилев	1679–1681	Неоклассицизм
4	Шклов	1770–1772	Классицизм
5	Витебск	1772–1775	Классицизм, Виленское барокко
6	Чечерск	конец XVIII века	Классицизм с элементами готики
7	Слоним	конец XVIII века	Барокко?

Окончание таблицы 1

№	Город	Дата строительства (каменное здание)	Архитектурный стиль постройки
<i>Европейские ратуши</i>			
1	Булонь (Франция)	1191–1214 гг.	Романский
2	Штральзунд (Германия)	XIII век	Готический
3	Амьен (Франция)	XIII век	Барокко
4	Брюссель (Бельгия)	1402–1420 гг., 1444–1455 гг.	Позднегоготический
5	Ауденард (Бельгия)	1526–1537 гг.	Готический
6	Берлин (Германия)	1861–1869 гг.	Ренессанс, неоготика
7	Гамбург (Германия)	1886–1892 гг.	Неоренессанс
8	Мюнхен (Германия)	1867–1908 гг.	Неоготический

Источник: собственная разработка.

Сравнение по высоте башни и расположению в городской застройке

В таблице 2 приведены сведения о расположении ратуш в городской застройке, а также о высоте башни, которая зачастую символизировала статус и уровень процветания города. Благодаря этому можно выделить наиболее богатые города (например, Брюссель, Гамбург). Устанавливая местоположения ратуш, можно сделать вывод, что в основном площадкой для ратуш являлись центральные городские площади как в Беларуси, так и в Европе.

Таблица 2. – Сравнение ратуш Беларуси и Европы по высоте башни и расположению в городской застройке

№	Город	Дата строительства (каменное здание)	Высота башни, м	Расположение в городской застройке
<i>Ратуши Беларуси</i>				
1	Минск	1600	32	Площадь города, центральная часть города
2	Несвиж	1596	?	Площадь города, центральная часть города
3	Могилев	1679–1681	46	Центральная часть города
4	Шклов	1770–1772	43	Площадь города смещена относительно центральной части города
5	Витебск	1772–1775	39	Площадь города, центральная часть города
6	Чечерск	конец XVIII века	?	Площадь города смещена относительно центральной части города
<i>Европейские ратуши</i>				
1	Булонь (Франция)	1191–1214 гг.	?	Центральная часть города
2	Штральзунд (Германия)	XIII век	?	Площадь города смещена относительно центральной части города
3	Амьен (Франция)	XIII век	52	Центральная часть города
4	Брюссель (Бельгия)	1402–1420., 1444–1455 гг.	96	Площадь города, исторический центр города
5	Ауденард (Бельгия)	1526–1537 гг.	?	Площадь города, исторический центр города
6	Берлин (Германия)	1861–1869 гг.	74	Площадь города, центральная часть города
7	Гамбург (Германия)	1886–1892 гг.	112	Площадь города, центральная часть города
8	Мюнхен (Германия)	1867–1908 гг.	85	Площадь города, центральная часть города

Источник: собственная разработка.

Сравнение по архитектурным элементам

Несмотря на различные периоды времени строительства ратуш, а также использование различных архитектурных стилей, в ратушах Беларуси и в ратушах Европы выделяются схожие. Основные отличительные элементы, характерные для данного типа сооружений:

- многоярусная башня со шпилем; часы;
- прямоугольный план здания, два этажа,
- пристраиваемые торговые ряды.

На рисунке 1 приведены примеры ратуш Беларуси. Сохранившиеся ратуши Беларуси представлены в таблице 3.



а



б



в

**Рисунок 1. – Примеры ратуш Беларуси:
ратуша в Несвиже (а), ратуша в Могилеве (б), ратуша в Чечерске (в)**

Таблица 3. – Существующие ратуши Беларуси на данный (современный) момент

№	Город	Дата получения магдебургского права	Дата строительства (каменное здание)	Ратуша сохранилась / была восстановлена
1	Минск	1499	1600	Восстановлена в 2003 г.
2	Несвиж	1586	1596	Восстановлена
3	Могилев	1578	1679–1681	Восстановлена в 2008 г.
4	Шклов	1577	1770–1772	Сохранилась
5	Витебск	1597	1772–1775	Восстановлена в 1775 г.
6	Чечерск	1511	конец XVIII века	Сохранилась
7	Слоним	1531	конец XVIII века	Сохранилась

Ратуши сегодня

В настоящее время сохранившиеся и восстановленные ратуши не выполняют своих исторически сформированных функций и не используются по назначению, установленному историей. Сегодня они являются памятниками архитектуры и музеями, неся в себе историю и эстетическую ценность, однако утратив при этом функциональное предназначение.

Ратуши утратили свою значимость, но сохраняют важный след в истории архитектуры и градостроительства, внося свой вклад в формирование определенного архитектурного образа.

Заключение

Обобщив все вышесказанное, можно сделать следующие *выводы*:

- города Беларуси стали получать магдебургское право значительно позже европейских, что привело к более позднему появлению первых ратуш, а именно XV век;

- для белорусских ратуш все также остаются характерными следующие элементы: многоярусная башня со шпилем, часы, прямоугольный план здания, двухэтажное построение, пристраиваемые торговые ряды;

- сравнивая ратуши Беларуси и Европы по разным критериям, удалось установить, что и те, и другие имели единую схожую структуру построения и набор характерных архитектурных элементов для данного типа построек. Однако в связи с достаточно большим промежутком времени в строительстве имеются отличительные особенности в образе ратуш Беларуси, что связано с используемыми стилями;

- упоминается, что на территории Беларуси было более 25 ратуш. Однако на сегодняшний момент существует лишь семь ратуш: в Минске, Несвиже, Могилеве, Шклове, Витебске, Чечерске, Слониме. На данный момент они утратили свое функциональное значение и имеют только эстетическую ценность, а также используются в качестве музеев и остаются памятниками истории и архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чантурия, В.А. Архитектурные памятники Беларуси / В.А. Чантурия. – Минск : Полымя, 1982. – 223 с.
2. Петросова, Е.Ю. Гражданская архитектура XV–XVII вв. / Е.Ю. Петросова // Архітэктурна Беларусі : нарысы эвалюцыі ва ўсходнеславянскім і еўрапейскім кантэксце : у 4 т. Т. 2. XV – сяр. XVIII ст. / А.І. Лакотка [і інш.] ; навук. рэд. А.І. Лакотка. – Мінск : Беларус. навука, 2006. – 626 с.

УДК 7.036

**НА ПУТИ К УСПЕХУ:
ЖИЗНЬ И ТВОРЧЕСТВО КАЗИМИРА МАЛЕВИЧА****А.С. СМОЛЯКОВА***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Работа посвящена выдающемуся деятелю искусства конца XIX – начала XX века, Казимиру Малевичу. Раскрыта творческая деятельность художника и её особенности. Показано, насколько значимы его открытия. Проанализировав их, можно сделать вывод, что в то время они были не приняты обществом и не востребованы. Однако в современном мире данные открытия и формулы имеют место быть. Они могут внести свой значимый вклад в развитие современного искусства.

Картины этого художника могут быть известны многим, но понятны немногим. Казимир Малевич творил прежде всего для себя и для вот этих «немногих», однако не оставил равнодушным никого. Жизнь художника была полна новых исканий, и также загадочна, как и его картины.

Некоторые называют годом рождения Казимира Малевича 1879-й, другие – 1978-й. Так как художник менял цифры, записывая их в разной последовательности. По официальной версии, Малевич родился в Киеве, но есть и те, кто склонен считать малой родиной художника белорусский городок Копыль. Отец будущего абстракциониста – шляхтич Северин Малевич. Однако если придерживаться другой версии, – белорусский этнограф и фольклорист. Мать художника – Людвиг Александровна Галиновская. Присматривала за домом и воспитывала многочисленное потомство: у Малевичей родилось четырнадцать детей, но до зрелого возраста дожили девять из них. Казимир был первенцем четы Малевичей. В семье общались на польском языке, но знали украинский и русский [1].

В детстве художник, как ни странно, о рисовании знал мало. Интерес к холсту и краскам проявился лишь после следующих событий. На выставке юный Малевич увидел поразивший его портрет девочки, сидящей на скамейке и чистящей картошку. Мальчика поразило, насколько реалистично изображена картофельная кожа. Это полотно оставило неизгладимое впечатление в его памяти. Другим ярким воспоминанием стал момент, когда Малевич увидел маляра, красящего крышу зеленой краской. Юный художник был поражен: на его глазах крыша становилась такого же цвета, как деревья вокруг. Постепенно Казимир начал проявлять живой интерес к рисованию. И когда ему исполнилось 15 лет, мама подарила набор красок.

В 16 лет Малевичем бала написана первая картина в технике масляной живописи. На полотне была изображена лунная ночь и река, на берегу которой была пришвартована лодка. Говорят, что первая работа Малевича была продана за 5 рублей и утеряна. Однако рисование настолько увлекло Казимира, что в 17-летнем возрасте он упросил отца позволения поступить в Киевскую художественную школу, основанную русским художником-передвижником Николаем Мурашко. Но проучился Малевич в Киеве только год: в 1896 году семья переехала в Курск. Там художник устроился чертежником в управлении российской казенной железной дороги. Эта работа для него была нелюбимой, и своё спасение он находил лишь в живописи. Молодым художником был организован кружок, в котором собирались единомышленники. В 1899-м Казимир женился, но вскоре семейная жизнь, рутинная работа в управлении и провинциальность города подтолкнули художника к переменам. Он, оставив семью, отправился в Москву. В августе 1905 года художник подаёт прошение в столичное училище живописи, ваяния и зодчества. Однако получает отказ. Рвение и желания Казимира Малевича учиться было настолько велико, что позже он совершает вторую попытку поступить в столичное училище. Но и она оказалось тщетна. После этих попыток художник перебирается в Москву с семьей и начинает посещать студию русского художника Федора Рерберга.

Первые картины художника были написаны под влиянием французских импрессионистов и сами, конечно же, были созданы тоже в стиле импрессионизма. Казимир Малевич участвует в первой выставке общества художников «Бубновый валет» – крупном творческом объединении раннего авангарда. Иллюстрирует самописные книги Хлебникова и Крученых. Создает декорации и эскизы костюмов к опере «Победа над Солнцем». Декорации Малевича являли собой трехмерное воплощение картин того периода и состояли из геометрических фигур. Художники назвали эти полотна «заумным реализмом» и «кубофутуристическим реализмом».

В 1915 году художник совершает революцию, демонстрируя на выставке «0,10» 39 своих работ. Под ними Малевич размещает табличку: «Супрематизм живописи». И среди этих полотен был знаменитый на весь мир «Черный квадрат». Он словно вобрал в себя все формы и все краски мира, сведя их к пластической формуле, где доминируют полное отсутствие цвета и света, и одновременное присутствие всех цветов и света [3]. Простая геометрическая форма свидетельствовала об абсолютной свободе ее создателя. Художник связывал его с космическим сознанием, и считал, что «Чёрный Квадрат» – это

вершина всего. В своей брошюре «От кубизма к супрематизму. Новый живописный реализм» Казимир Малевич даёт обоснование созданному стилю.

«Новый реализм», именно так Малевич назвал свое искусство, которое считал ступенью в истории всемирного художественного творчества. Геометрические фигуры, написанные чистыми локальными цветами, и господствующие в них законы динамики и статики легли в основу супрематизма. В своем историческом развитии супрематизм подразделялся на три этапа, и имел три ступени черного, цветного и белого. Картина «Чёрный квадрат» относится к так называемому черному периоду, и является частью триптиха, в который вошли «Черный круг» и «Черный крест». На пятой выставке «Бубнового валета» в ноябре 1916 года в Москве художник демонстрирует шестьдесят супрематических картин. Все выставленные полотна принадлежали к первым двум этапам супрематизма: чёрному и цветному. Цветной период начинался также с квадрата – его красный цвет служил знаком цветности вообще. В середине 1918 года появились полотна «белое на белом», и супрематизм достиг последней стадии. Из него ушёл цвет, к чему так стремился Казимир Малевич, на белой поверхности изображались белые формы.

Казимир Малевич не остановился на достигнутом результате, и продолжил искать всё новые и новые веяния искусства. Художник занимается декорациями уже для спектакля Владимира Маяковского «Мистерия – буфф». Кроме этого, заведует Художественным отделом при Московском совете. Позже, когда перебирается в Петроград, заведует и преподаёт в Свободных художественных мастерских [1]. В 1919 году, во время гражданской войны, Казимир отправляется в Витебск для преподавания в Народной художественной школе, которую организовал Марк Шагал и которая вскоре преобразовалась в Художественно-практический институт. Здесь художник создаёт группу «УНОВИС» (утвердители нового искусства), ученики которой развивали направление супрематизма. Это событие было настолько значимо для Малевича, что в честь «УНОВИСа» он называет свою дочь Уна [1]. Витебск художник покидает лишь в 1922 году, чтобы вернуться в Петроград и работать на фарфоровом заводе, изобретать все новые и новые формы росписей, заниматься изучением возможностей применения супрематизма в архитектуре. Казимир Малевич продолжает развивать свой стиль. Простые супрематические композиции превращаются в знаковые конструкции, заменившие, как утверждал Малевич, символы традиционного искусства. Они превратились для художника в самостоятельные «живые миры, готовые улететь в пространство» и занять там особое место наряду с другими космическими мирами [3]. Малевич был настолько увлечён этими перспективами, что начинает конструировать пространственные «супремусы» – архитектоны и планиты, как прообразы будущих космических станций, аппаратов, жилищ и т.п. Казимир Малевич отказывается от одного земного, и под влиянием новейших физико-космических теорий приводит искусство к новому, уже космическому.

Созданный Малевичем стиль оказал огромное влияние и на живопись, и на архитектурное искусство России и Запада. Он принес своему создателю воистину мировую славу. Художник участвует в международных выставках, имеет большой успех и получает признание. Однако это же признание приводит в 1930 году к аресту. Наказание не останавливает Малевича, и он продолжает писать. Начинается так называемый «крестьянский период» его творчества. На картинах художника крестьяне как манекены без лиц на фоне плодородных полей. Так видел Казимир Малевич население деревень после раскулачивания и коллективизации. В 1932 году гений добивается должности руководителя Экспериментальной лаборатории при Русском музее, где разрабатывает теорию о «прибавочном элементе в живописи», которую выдвигал ранее. В последние годы жизни художник писал портреты в жанре реализма. Возможно, это было связано с веяниями нового времени, однако закончить этот новый период своего творчества Казимир Малевич так и не смог. В 1933 году он тяжело заболел, а два года спустя, в 1935 скончался [2].

Зная о грядущей смерти, художник спроектировал супрематический крестообразный гроб, в котором его тело лежало с раскинутыми руками: «распластавшись на земле и открываясь небу». В военные годы деревянный памятник разрушился, а могила затерялась. Однако после войны местонахождение в деревне Немчиновке было найдено, установлен новый памятник, и улицы деревни носят название «Казимира Малевича»... [1].

Путь к творению, стремление к созданию нового настолько глубоко коснулись души Казимира Малевича, что, несмотря на всю сложность и противоречивость своей жизни, он смог достигнуть всемирной славы. Он смог внести свой значимый вклад в развитие не только современного искусства, но и нашей жизни в целом. Мы до сих пор ищем какие-то ответы на поставленные Малевичем вопросы. До сих пор восхищаемся и в то же время не понимаем его творчество...

ЛИТЕРАТУРА

1. Биография Казимира Малевича [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://24smi.org/celebrity/5079-kazimir-malevich>. – Дата доступа: 06.09.2018.
2. Казимир Малевич: жизнь и творчество художника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://allpainters.ru>. – Дата доступа: 06.09.2018.
3. Жизнь и творческий метод Казимира Малевича [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// heapdocs.com](http://heapdocs.com). – Дата доступа: 08.09.2018.

УДК 7.036

НАСЛЕДИЕ КАЗИМИРА МАЛЕВИЧА В ИСКУССТВЕ И ДИЗАЙНЕ

А.С. СМОЛЯКОВА

(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)

Проводится анализ работ художника. На основе этих работ выявляются особенности творческого подхода Казимира Малевича, а также созданного им стиля супрематизма. Приводятся примеры и описание характерных черт стиля Малевича, подача и реализация их в интерьере нашей повседневной жизни. Рассмотрев возможность дальнейшего применения и использования открытий художника, сделан вывод, что в современной жизни общества они значимы и востребованы, и несут в себе идеи дальнейшего развития современного искусства дизайна.

Имя Казимира Малевича известно каждому в нашей стране, и далеко за её пределами. Вся жизнь этого человека, как и его творчество, настолько загадочны, что до сих пор вызывает много вопросов, и приводит к новым исследованиям. Деятельность Казимира Малевича настолько значима, что занимает центральное место в современном искусстве. Зная об этом, невозможно не прикоснуться к удивительному миру этого художника.

Нестандартные решение, методы, открытия, сделанные Малевичем в своё время, были не всем понятны и не приняты обществом. Однако в современном мире это творчество востребовано. Оно может открыться по-новому и послужить началом новых идей и открытий. Поэтому задачей данной работы является анализ работ художника, выявление особенностей его творчества и применение этих особенностей в современной жизни общества.

Казимир Малевич своей творческой деятельностью прошёл через разные этапы развития искусства. Так, многие его произведения отражали постимпрессионистское движение. Эстетические же вкусы оформились под влиянием народного искусства. И этой тематике посвящён целый цикл работ художника. Захватывала Малевича и творческая организация, члены которой называли себя футуристами. Его живопись отображала отечественный вариант футуризма, получивший название «кубофутуризм» [1]. Работа над декорациями и костюмами к постановке футуристической оперы «Победа над солнцем»; стремление художника к самостоятельной живописи и опыт всех пройденных этапов привели Казимира Малевича к созданию собственного течения – супрематизма. И содержание этого открытия художник изложил в брошюре «От кубизма и футуризма к супрематизму. Новый живописный реализм».

«Супрематизм – высшая ступень развития искусства на пути освобождения от всего внехудожественного, на пути предельного выявления беспредметного, как сущности любого искусства... В своем историческом развитии имеет три ступени черного, цветного и белого... Три квадрата есть установление определённых мировоззрений и миростроений... чёрный как знак экономии, красный как сигнал революции и белый как чистое действие», – писал Казимир Малевич. О черном квадрате, круге и кресте известно, что они символизировали вечные основные формы – от наиболее простой, к усложненной (крест – пять четырехугольников) [2].

Новаторство формы и содержания обусловили значимость супрематизма для русской живописи XX века и мирового искусства в целом. Его суть заключается в том, что цвет стоит во главе всего, но этот цвет передается посредством геометрических фигур, которые служат проводниками цвета в композиции [1]. Особенности и отличительными чертами этого течения стало следующее:

- фоном супрематических композиций всегда является белая среда. Она передаёт выразительность пространственной относительности плоскости и объекта;

- в основу композиции всегда положен квадрат или прямоугольник. Помимо этих геометрических фигур используется круг и прямая линия, реже, в экспериментах – треугольник и эллипсоид;

- беспредметность;

- отсутствие объема, плоскостность;

- использование в основном черного, белого, красного и желтого цветов.

Таким образом, всё творчество Казимира Малевича условно можно разделить на несколько этапов:

- период импрессионизма;

- период кубофутуризма;

- период супрематизма.

Проходя через все эти этапы, художник открывал для себя новое видение искусства, его предназначение. И в конечном итоге смог дать своё определение: «Предназначение искусства не в том, чтобы изображать какие-то предметы. Предназначение искусства в том, чтобы освободиться от предметов, не составляющих его сути и быть искусством, которое существует само по себе» [2].

В современном мире супрематизм нашёл своё применение и в архитектуре, и в дизайне, и в моде. Например, популярный и успешный дизайнер интерьеров Заха Хадид являлась поклонником творчества Казимира Малевича. В основном она работала в постмодернизме, однако дизайнер смогла создать много интересных работ в направлении супрематизма [3].

В дизайне интерьера супрематизм в чистом виде встречается редко, так как такой интерьер был бы совершенно не приспособлен для жизни. Но хорошо подошёл бы для выставок и инсталляций.

Однако *характерные черты и особенности супрематизма* могут быть широко применимы в жилых помещениях [3].

1. *Геометрия.* Геометрические формы в интерьере проявляются в виде прямоугольных и квадратных шкафов, тумб, полок и композиций подвесных полок.

2. *Белая среда.* Основным фоном работ Казимира Малевича был белый цвет. В интерьере же с белым цветом хорошо сочетаются все цвета. И, как это делает художник на холсте, на белом фоне стен помещения можно расставлять яркие фигуры. При этом будут создаваться и акценты. Помимо всего этого белый цвет придаёт интерьеру ощущение воздушности, чистоты и лёгкости. Цветом стен могут быть и другие цвета палитры Малевича. Например, серыми. А в некоторых случаях и черными, красными, желтыми.

3. *Открытая планировка, минимальное количество стен.* Одной из особенностей супрематизма является его беспредметность, исключение всего лишнего, что может загромождать пространство. Например, использование в офисах, кафе, ресторанах открытой планировки, стеклянных перегородок может создать удобное пространство и в то же время отразить идеи супрематизма.

4. Все супрематические картины состоят из геометрических фигур, и их довольно просто перенести с полотен на стены. Например, в жилом помещении можно изобразить небольшую картину, которая стала бы ярким акцентом интерьера. Также во входной группе офиса супрематические мотивы могут создать определённую атмосферу и предать нужное настроение.

5. *Цвет.* В супрематизме, как и в интерьере, цвет играет основную и самостоятельную роль. Использование чистых цветов не только благоприятно человеку, пребывающему в среде, но это и создания определённого колорита интерьера, и его настроения.

В дизайне мебели супрематизм начал свое развитие много позже, чем в дизайне интерьеров. Однако основными формами в мебели являются квадраты, прямоугольники, которые могут быть окрашены в яркие цвета.

Таким образом, творчество Казимира Малевича настолько уникально и удивительно, что отображается и в современном мире. Создание такого стиля, как супрематизм, в дальнейшем повлияло на создание современных стилей (минимализм, футуризм и др.). Однако и стиль Малевича может быть интересен и своеобразен в дизайне. И может быть понятен не всем, но при правильном сочетании особенностей может создавать уютное и яркое пространство.



Рисунок 1. – Применение супрематизма в интерьере

Рисунок 2. – Супрематизм в интерьере

ЛИТЕРАТУРА

1. Супрематизм – К. Малевич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://velikayakultura.ru/russkaya-zhivopis/russkaya-zhivopis-20-veka-suprematizm-k-malevich>. – Дата доступа: 03.09.2018.
2. Нерее, Ж. Казимир Малевич, 1878–1935, и супрематизм / Ж. Нерее. – М., 2003.
3. Дизайн и идеи для дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://homester.com.ua/design/apartments/styles/suprematizm>. – Дата доступа: 04.09.2018.

УДК 694.1(091):246.1(476)

**ОСОБЕННОСТИ ДЕРЕВЯННОЙ КУЛЬТОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ
НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ****А.Н. ЧЕРНУХО, И.В. БОРОДЕЙКО***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Приведены сведения о деревянной культовой архитектуре белорусского Подвинья. Дается полное представление о принципах композиций деревянных культовых сооружений и их формировании на данной территории Беларуси. Рассматриваются примеры.

Деревянная культовая архитектура белорусского Подвинья. Тысячу лет назад (а именно к XI столетию относится упоминание о первой деревянной церкви в Друцке) территория Беларуси, как и сейчас, была покрыта лесом. Лес «пропитал» быт (из дерева вырезали ложки, делали колыбели) и формировал жилище (хаты и даже замки в раннеславянский период строили из дерева).

Деревянный храм – один из национально значимых, аутентичных объектов культуры славянских народов. В монументальном деревянном зодчестве Беларуси употреблялось дерево «тесаное», или «брусованное», т.е. окантованное на две или четыре грани. В белорусских храмах поверхность стен обшивалась, как правило, вертикально расположенными сосновыми досками. Деформация досок при усушке уменьшалась введением узких вертикальных планок – нащельников. Этот прием позволял использовать относительно сырые пиломатериалы. Профилированные карнизы деревянных церквей не были конструктивными, но играли важную роль в создании монументального архитектурного образа. Они имели большой вынос и более развитую профилировку. Никакого иного резного декора во внешнем облике храмов не было: эстетические задачи решались только с помощью выразительности архитектурных форм и художественных качеств основного материала – дерева. Согласно старинным инвентарям, для покрытий использовались разнообразные кровельные материалы: гонт, дрань, тес, даховка, солома – для крыши; медные листы, оцинкованная жель. В окна вставлялись стекла в деревянных или свинцовых переплетах.

Общие характеристики деревянных храмов Беларуси. При большом многообразии архитектурных вариантов деревянных храмов Беларуси XVII–XVIII веков можно выделить общие характеристики, позволяющие провести их четкую классификацию, определить традиционные черты и стилистические новаторства.

По структуре объемно-пространственных композиций деревянные сакральные сооружения принципиально делятся на два типа: клетские и крестовые. Первый тип представляют церкви, построенные наподобие амбара, клетки или «в четыре угла». К этому же типу относятся постройки с двумя, тремя и большим количеством срубов, имеющие одну общую ось симметрии. Церкви крестового типа имеют две взаимно перпендикулярные оси, общие для нескольких срубов. К ним нельзя относить трехсрубные клетские храмы с вытянутым в поперечном направлении центральным срубом или же с рудиментами трансепта. Для белорусских храмов того времени характерна тенденция к единой высоте срубов, безотносительно к их ширине и назначению.

Клетские храмы, по сути своей, более архаичны и этнографичны, они изначально близки к простой крестьянской постройке, накрытой вальмовой крышей и увенчанной главкой, как, например, церковь на Старом замке в Орше. В соответствии с каноническим трехчастным строением христианского храма, весьма распространенным являлся трехсрубный тип сакрального сооружения с шатровым завершением каждого сруба.

Наибольшее распространение в белорусском деревянном зодчестве эпохи барокко получил тип католического и греко-католического двухсрубного храма, в котором основной прямоугольный и пятигранный алтарный срубы были накрыты общей двухскатной крышей. Разница в ширине срубов обуславливала образование треугольных свесов крыши, застрешков, закрытых снизу полкой карниза, иногда довольно значительных размеров.

Задачи эмоционального воздействия архитектуры ставились и при решении интерьеров деревянных культовых сооружений. Здесь выразительными средствами являлись характер организации пространства, освещения и декоративного убранства. Отличительной особенностью белорусских церквей эпохи барокко были расположенные над входом хоры.

Изменения характерных особенностей храмовой архитектуры XIX – начала XX века. В силу сложнейшей социальной истории нашего края, частых войн, многочисленных пожаров, относительной недолговечности дерева как строительного материала до нашего времени дошло немного памятников XVIII века. Более ранние известны по архивным письменным и графическим источникам. Деревянные церкви часто сменяли друг друга на одном и том же месте, иногда на тех же фундаментах, возрождаясь и сохраняя традиции. После разделов Речи Посполитой и присоединения белорусских земель к Российской империи отечественное сакральное деревянное зодчество на протяжении XIX – начала XX века пре-

терпело активное воздействие эстетики классицизма и исторических стилей. Базиликальную концепцию монолитной трактовки объемно-пространственной композиции сменила комплексная, с подчеркнuto самостоятельным решением каждого сруба; вертикальную шалевку с нащельниками заменила горизонтальная; появились дополнительные срубы (трапезные), пристроенные колокольни, островерхие шатры, неглубокая декоративная резьба и т.д. Даже в настоящее время, после более чем полувекового провала в развитии сакрального деревянного зодчества, нынешние проектировщики слепо возвращаются именно к псевдорусской трактовке церковного сооружения, тогда как аутентичные национальные формы остаются, к сожалению, непонятыми и невостребованными.

Примеры деревянной культовой архитектуры белорусского Подвинья. В северных регионах строились церкви с вертикальной композицией, которая хорошо смотрелась на возвышенной местности. Такие храмы воспринимались как ориентиры в холмистом ландшафте.

Архитектор, доктор исторических наук, Александр Локотко, подчёркивает: «предполагают, что даже **Полоцкая София** изначально была деревянной. На эту мысль наводят фундаменты граненых апсид, не характерные для каменного зодчества».

На севере сохранилась разнообразная деревянная архитектура. Она, как правило, компактная. Вокруг нефа формировались дополнительные срубы-пристройки – боковые нефы. В итоге получалась не линейная композиция, как на Полесье, а крестово-центричная. На основные срубы вертикально наращивались дополнительные, шестирички, восьмирички, которые переходили в главки. Таким образом создавалась вертикальная композиция.

Примером деревянной храмовой архитектуры является **церковь начала XVIII века в Смолянах** Оршанского района. Включает конструкции и строительные культуры: купольная, характерная для православия, но двухбашенная, что присуще католическим храмам. Также в ней можно распознать мотивы оборонного зодчества – такие же черты характерны для каменных церквей в Сынковичах и Мурованке, которые служили, в том числе, для защиты прихожан.

Свято-Успенская церковь, построенная в 1912 году на месте обветшалого храма 1639 года, является памятником деревянного зодчества. Автор проекта – епархиальный архитектор Шпаковский. Храм состоит из 4 частей: притвор с колокольней, бабинец, молитвенный зал, 5-гранная апсида с боковыми ризницами. Основной объём завершён 8-гранным барабаном, накрытым шатром с главкой. Колокольня выступает на фронтальном фасаде неглубоким ризалитом, имеет вертикально вытянутые пропорции и завершена маковкой. Прямоугольный проём главного входа завершён 2-скатным навесом на фигурных брусчатых кронштейнах. В интерьере – иконы XVIII–XIX веков. Церковь никогда не закрывалась, а богослужения в ней совершаются и в настоящее время.

Храм святого благоверного князя Александра Невского в городе Витебске, возведенный в 1992 году, выполнен в ретроспективном стиле. Представляется, что церковь является достаточно уникальной и самобытной в архитектуре Витебска, так как этот храм построен в лучших традициях северного и белорусского деревянного зодчества. Церковь представляет собой истинное воплощение красоты. И дело не только во внешнем виде и богатом убранстве. Все составляющие Храма святого благоверного князя Александра Невского создают единую сердцем прочувствованную композицию. Каждая деталь – осмысленная часть единого целого – отличается особым изяществом и величием. Уникальным и ценным Храмом святого благоверного князя Александра Невского становится благодаря этой торжественной простоте форм. И еще раз убеждаешься в том, что сотворение храмов – это не простое ремесло, а высокое искусство.

Деревянная **Спасо-Преображенская церковь (XVII век)** и здание **костёла Девы Марии Королевы** межвоенной постройки, тоже деревянные. **Церковь в Порплище** была построена в 1627 году, а в конце XVIII века капитально перестроена с элементами классицизма. Крестово-купольный храм представляет в плане латинский крест. Трёхуровневая башня-звонница была пристроена к главному фасаду намного позднее, в 1883 году. Салатовый сайдинг здесь появился совсем недавно. Сегодня даже невооружённым глазом видно как накренился главный купол церкви. Напротив, через дорогу, находится деревянный **костёл Девы Марии Королевы**, возведённый в период **1937–1941 годов**.

Пример современного строительства – **Храм Рождества Христова в Витебске**, который был возведен в честь 2000-летия христианства. Церковь деревянная, построена летом 2005 года.

Спасо-Преображенская церковь. Смоляны. Памятник деревянного зодчества, церковь построена приблизительно в 1590 году, обновлена в 1809 году. Представляет собой крестово-купольный храм на каменном фундаменте, возведенный в традициях народного зодчества с элементами барокко. Его композиция включала в себя три яруса: обходную галерею, четырехгранный объём с треугольными фронтонами на каждой стороне и двумя башенками-звонницами, большой граненый купол. Со стороны главного фасада поднимаются две башни с шатровыми крышами. Внутри храма купольный плафон и грани барабана покрыты росписью «Двенадцать апостолов» (XVIII век). Уникальность этой церкви основана на двух факторах: во-первых, то, что деревянная постройка, которой более 300 лет, сохранилась до нашего времени в хорошем состоянии, уже поразительно; во-вторых, это один из немногих деревянных храмов в Беларуси в котором, кроме основного (верхнего) храма, имеется еще и нижний (криптовый).

Пародоксальный факт – в деревне Смоляны старинные каменные здания разрушаются, претворяясь в руины, а деревянный храм, который даже старше некоторых из них, стоит в хорошем состоянии и полноценно функционирует.

Покровская церковь. Полоцк. Покровская церковь, или **храм Покрова Пресвятой Богородицы**, был построен в Полоцке в 1781 году при кладбище. Небольшая деревянная церквушка базиликального типа вскоре приобрела большую популярность и стала играть роль собора. В 1838 году была предпринята попытка перенести Покровскую церковь в стены храма бывшего францисканского монастыря. Однако храм не захотел становиться православным храмом, его фундамент после переосвящения дал осадку, церковь была объявлена аварийной, а затем снесена. После неудачи с новой Покровской церковью старую деревянную вновь открыли для прихожан. К сожалению, старое деревянное здание Покровской церкви постройки XVIII века не уцелело и сгорело в большом пожаре 1900 года. Было решено построить новый каменный храм. Спустя время церковь была надолго заброшена и ветшала в запустении. Про добротное здание вспомнили после окончания Великой Отечественной войны, когда город лежал в руинах. В стенах храма была открыта кондитерская фабрика, проработавшая до 1960-х годов, когда произошел пожар. Сгоревшую бывшую церковь решили не восстанавливать, а разобрать на строительный материал.

В 1991 году было решено восстановить Покровскую церковь на прежнем фундаменте. Строительство растянулось до 2004 года, в котором церковь была освящена и открыта для верующих.

Церковь Ильи Пророка. Бешенковичи. Ильинская церковь XVIII – начала XX века представляла собой 4-срубный деревянный храм крестово-центричной композиции. Ильинский храм имел продолговатую форму (19×16 м), что являлось следствием католического влияния. Срубы (3 пятигранных и прямоугольный в плане бабинец-притвор) завершали высокие, крытые гонтом шатры с многогранными главками на гранёных световых шейках. Над средокрестием располагалась конструкция из двух шеек и главок, что подчёркивало центричность здания храма. Сруб-бабинец с трёх сторон был опоясан галереей, куда попасть можно было с одного из трёх крылец. Крыльца завершались шатрами с главками, так что церковь представлялась восьмиглавой. Снаружи церковь была облицована вертикальными досками с наличниками, завершёнными резным подзором в виде арочек. Склоны крыши повторяли ромбовидные окошки галереи.

Алтарь храм был ориентирован на восток. К востоку от Ильинской церкви находилась невысокая трёхъярусная срубо-каркасная колокольня, накрытая покатым шатром с главкой. При этом верхний ярус звонницы нависал над нижним. Входные двери церкви имели диагональную облицовку с декоративным узором, сделанным коваными гвоздями. Внутри над входом, в северо-западном углу, нависал небольшой балкон-хор. Все части храмового здания, за исключением средокрестия, перекрытого шатром на парусах со световым барабаном над ним, имели плоские подшивные потолки. Полы церкви были покрыты мозаичной прямоугольной плиткой. В подвале находилась каменная крипта с захоронениями.

В 1904 года от удара молнии храм сгорел, огонь уничтожил и около 150 соседних зданий.

Церковь была восстановлена по проекту русского архитектора и реставратора В.В. Суслова. Действовала, как минимум, до 1931 года. Частично разрушена в годы Великой Отечественной войны.

Особенности функционирования деревянной культовой архитектуры белорусов Подвинья. Под влиянием разных факторов, в особенности идеологических, течением XX века значительное количество культовых объектов прекратило свое функционирование. В итоге многие храмы закрывались, ряд из них приспособлялся под хозяйственные постройки, а некоторые вообще были разрушены. Похожая судьба была характерна и для многих других «святынь» – часовен («каплиц»), придорожных крестов.

Многие храмы и часовни утратили свое функциональное назначение (так как были лишены его в условиях атеистического государства). Обычные методы борьбы с этими проблемами не имели никакого успеха [Козлов, Культовые постройки].

К числу существенных причин, которые в XX веке вызвали исчезновение из деревенского ландшафта ряда культовых объектов, принадлежат мелиоративные и строительные работы в деревне, а также замена дерева, как строительного материала, камнем. В итоге многие объекты культовой архитектуры были уничтожены. Однако с распространением каменных храмов строительство деревянных не прекратилось: слишком сильной была традиция. Деревянные церкви, костелы, мечети и синагоги вбирали в себя актуальные архитектурные традиции и ничем не уступали «каменному поколению».

Исчезновение памятников деревянной культовой архитектуры обусловилось и тем, что начиная со второй половины XX века в организации пространства культовых объектов распространенное использование получают не традиционные для деревни материалы, появляются новые элементы (металлические ограды, скамьи, беседки и т.д.). Изменения в архитектонике многих культовых объектов в современной деревне в регионе существенны. Но такая рачительность сельчан по упорядочению культовых объектов с использованием новых материалов не всегда приводит к позитивным итогам. В ряде случаев она может ставить под угрозу само существование культового объекта.

Выводы. Комплексный анализ материалов показал, что объекты деревянной храмовой архитектуры являются органической частью культурного ландшафта региона, и не в малой степени олицетворяют

его отличительность и неповторимость. Уникальность деревянных храмов объясняется в первую очередь тем, что по их разнообразию можно считать историю Беларуси, особенности ее ландшафта и даже ментальности предков. В традиционной картине мира и жизненных практиках местного населения исследования исполняют не только собственные функции, но и ряд других, например выступает в роли музея, сохраняя свою историческую уникальность. Ритуальные функции объектов материальной культуры обусловлены их символическим статусом в традиционной картине мира.

Вместе с тем анализ материалов исследований выявил серьезные проблемы, связанные с современным состоянием и перспективами сохранения элементов деревянной культовой архитектуры Подвинья. В течение XX века значительное количество объектов материальной культуры исчезло или было физически уничтожено в итоге социально-экономического развития общества, развития производства, а также из-за непродуманной хозяйственной деятельности (перепланировка населенных пунктов, ликвидация неперспективных деревень, мелиорация, строительство дорог и др.).

В ходе работы выявлены факторы, которые повлияли на изменения и массовое отношение населения к объектам деревянной храмовой архитектуры Подвинья. Исследование данных факторов не только даст ключ к пониманию изменений в данной части культуры, но и поможет изменить мнение населения о данных объектах, повысить продуктивность по сохранению памятников архитектуры, а также улучшит духовное воспитание. Это в будущем может решить ряд актуальных проблем для развития деревянной культовой архитектуры белорусского Подвинья и Беларуси в целом.

В рамках исследования установлено, что почитание объектов деревянного зодчества – древняя традиция, её элементы широко бытуют и в современном обществе. Сохранение данного феномена даже в трансформированном виде является ярким свидетельством важности его в системе культуры региона, а также демонстрирует устойчивость народной культуры и этнической памяти. С другой стороны, новации, характерные для современной белорусской деревни в системе почитания объектов сакральной топографии, являются показателем развития культуры, частью которой они являются. «Живое» бытование этого феномена дает основание для внимательного изучения и возможного использования в туристической деятельности.

Также задачей данного исследования является выявление современных тенденций в строительстве, деревянной культовой архитектуре. В настоящее время на территории Беларуси периодически возводят храмы из различных пород дерева, тем самым поддерживая традиции древнего белорусского общества. При строительстве храмов архитекторы и строители пользуются старинными технологиями, примером является ретроспективно-русский стиль из неоцилиндрованных бревен без использования гвоздей, а в качестве утеплителя применяется мох. Толику современности в таких храмах можно внести интегрированием системы энергосбережения и отопления (в пол).

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов, С.А. Инновации в культуре этноса и их социально-экономическая обусловленность / С.А. Арутюнов // Этнографические исследования развития. – М., 1985. – С. 31–49.
2. Деревянные церкви [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://globus.tut.by/type_tn_bestderezvchur.htm.
3. Свято-Успенская церковь в Шарковщине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ekskursii.by/?place=16745_Sharkovschinskaya_Svyato_Uspenskaya_cerkov.
4. Народная культура в современных условиях : учеб. пособие / М-во культуры Рос. Федерации ; Рос. ин-т культурологии ; отв. ред. Н.Г. Михайлова. – М. : [Б. и.], 2000. – 219 с.
5. Народная медицина беларусаў Падзвіння : полацкі этнаграф. зб. у 2 ч. Ч. 2 / склад. У.А. Лобач, У.С. Філіпенка. – Наваполацк : ПДУ, 2006. – Вып. 1. – 332 с.
6. Сергачев, С.А. Историко-культурный потенциал объектов традиционной архитектуры Белорусского Поозерья / С.А. Сергачев // Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов : сб. ст. респ. науч.-практ. семинара, Новополоцк, 8–9 окт. 2015 г. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. В.Е. Овсейчика, Г.И. Захаркиной, Р.М. Платоновой. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – 35 с.
7. Довгялло, Д.И. Пинский Лещинский монастырь в 1588 г. / Д.И. Довгялло. – Минск, 1908. – 115 с.
8. Горностаев, Ф. Барокко Москвы // История русского искусства / Ф. Горностаев ; под ред. И. Грабаря. – М., 1910. – Т. 2, Вып. 8. – С. 420.
9. Спасо-Преображенская церковь Смоляны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://posmotrim.by/article/spaso-preobraghenskaya-cerkov-smolyany.html>.
10. Храм Покрова Пресвятой Богородицы в Полоцке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dal.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1622459>.
11. Покровская церковь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.votpusk.ru/country/dostoprим_info.asp?ID=12300.
12. Церковь Ильи Пророка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://evitebsk.com>.

УДК 379.85:236.54(1-22)(476)

**ДЕРЕВЯННАЯ КУЛЬТОВАЯ АРХИТЕКТУРА
В АГРОТУРИЗМЕ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ****И.В. БОРОДЕЙКО, А.Н. ЧЕРНУХО,***(Представлено: канд. ист. наук, доц. В.Е. ОВСЕЙЧИК)*

Приведены сведения об агротуризме Беларуси. Дается представление о принципах композиций деревянных культовых сооружений и их формировании на территории Беларуси. Рассматриваются примеры на территории Подвинья.

Развитие туризма – одно из приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь. Агротуризм является одним из наиболее успешно развивающихся в Беларуси видов туризма. По сравнению с другими странами агротуризм развит недостаточно, но уже играет существенную роль на туристическом рынке. Сельский туризм пользуется большой популярностью в Европе, в Беларуси он появился сравнительно недавно, но стремительно развивается. Республика Беларусь – индустриально-аграрная страна, и как аграрная страна, в частности, имеет все предпосылки, чтобы экологический туризм развивался.

В Беларуси имеется большой потенциал для развития этого направления: лирические сельские ландшафты, традиционный сельский образ жизни, экологически чистые продукты и т.д. Для жителей деревень это – дополнительный доход. Для местных властей и региона в целом это – приток дополнительных средств, развитие инфраструктуры, создание новых рабочих мест. Для страны – возможность развития туризма за пределами городов при полном отсутствии гостиниц. Это гуманизация общества – снятие противоречий между городом и деревней, а для туристов – возможность недорогого отдыха в экологически чистой среде. По этой причине и стал развиваться агротуризм.

В сфере агротуризма Беларуси видное место занимает *народное зодчество*. Оно стало привлекательной чертой белорусской культуры в развитии туристической инфраструктуры. Основной вид белорусского народного зодчества в агротуризме – *деревянная архитектура*. Деревянное зодчество – важнейшая часть народно-традиционной культуры. Жилища, храмы, поселения, усадьбы, хозяйственные и производственные сооружения раскрывают среду обитания народа, хозяйственную и духовную связь человека с природой, пространством. Памятники народного зодчества становятся неотъемлемыми элементами объектов туризма культурного и рекреационного назначения. Значимостью народного зодчества заключается в возможности использования его традиций в современном обществе.

Традиционное деревянное зодчество, особенно культовое, относится к наименее изученным пластам в истории белорусской архитектуры. Недолговечность строительного материала и, соответственно, малочисленность сохранившихся и достоверно известных памятников при относительно небольшом количестве исследователей объективно затрудняют изучение деревянного храмостроительства, особенно применительно к ранним этапам его истории. Традиционное деревянное зодчество, будучи весьма значительной частью национального архитектурного наследия, безусловно, нуждается в дальнейшем глубоком и всестороннем изучении.

Деревянные сооружения недолговечны сами по себе. К тому же изменения быта в белорусской деревне, влечет за собой изменения объектов народного зодчества, приводят к исчезновению некоторых их типов. Все это обуславливает необходимость изучения деревянной архитектуры с целью сохранения и развития прогрессивных строительных традиций, эстетических идей и архитектурных форм народного зодчества.

Актуальность этой работы заключается в изучении деревянных культовых памятников архитектуры с целью выявления, сохранения и использования строительных традиций, эстетических идей и архитектурных форм народного зодчества Беларуси в агротуризме.

Использование культовой архитектуры Беларуси в агротуризме. Развитие агротуризма в Беларуси считается одним из самых приоритетных и перспективных направлений развития бизнеса в Беларуси. В широком смысле под термином «агротуризм» понимают привлечение белорусов и гостей нашей страны в сельскую местность с целью ознакомиться с достопримечательностями небольших городов и деревень и отдохнуть на природе. Как правило, для этого выбирают исторические места, где сохранились памятники архитектуры минувших эпох или живописные уголки республики. Этот вид туризма позволяет людям приблизиться к природе, получить уникальную возможность познакомиться с культурным наследием сельчан, их традициями и обычаями. Также этот вид отдыха оптимален и для людей с невысоким уровнем дохода.

Необходимо отметить, что в Республике Беларусь имеется множество предпосылок для развития агротуризма на международном уровне: растущий уровень урбанизации и потребность горожан в смене обстановки и образа жизни в период отпусков; относительно невысокая стоимость отдыха в сельской местности и приобщение к самобытному миру природы; возможность питаться экологически чистыми продуктами, собирать лесные ягоды, грибы, лекарственные травы. Агротуризм способствует развитию не только здорового образа жизни граждан в Беларуси, но и агрокомплекса в стране. Он позволяет поднять сельское хозяйство на новый технологический и социальный уровень, а культовым сооружениям получить популярность и дальнейшее их сохранение и реконструкцию. Для сельских регионов Беларуси агротуризм также предоставляет значительные потенциальные выгоды.

В настоящее время в динамике международных туристических потоков наблюдаются тенденции, благоприятные для сельского туризма:

- 1) ориентация туристов на небольшие и комфортабельные структуры размещения, в которых господствует семейная атмосфера;
- 2) активное времяпровождение вне городских зон (экскурсии, прогулки, специфические виды спорта);
- 3) повышенный интерес к культурным ценностям, традициям, местным праздникам.

В сфере агротуризма Беларуси видное место занимает народное зодчество. Оно стало привлекательной чертой белорусской культуры в развитии туристической инфраструктуры. Основным видом белорусского народного зодчества в агро- и экотуризме – деревянная архитектура, в особенности культовые сооружения.

Культовые сооружения практически любого исторического периода и любой конфессиональной принадлежности всегда производят впечатление на людей и всегда их интересуют. Эти сооружения связаны с определенными историческими личностями, историческими событиями в жизни страны, региона или отдельного населенного пункта. С ними связаны многие легенды и предания. Они – хранилища памятников искусства и произведений декоративно-прикладного искусства, что позволяет более комплексно представить посетителю многие явления исторического процесса и развития культуры. Необходимо учитывать, что культовые здания – специфический тип общественных зданий.

Даже если от храмов остались только их руины, привлекательными могут быть (даже если уцелели только остатки фундаментов), история, сохранившиеся деревья, как одиночные, так и в группах, прослеживаемые трассы аллей, подъездных дорог, каналов и т.д.

Принципы и формирование композиций деревянной культовой архитектуры. Истоки развития культовой архитектуры Беларуси кроются в двух основных импульсах: традициях восточных славян и влиянием Византии. В деревянном зодчестве явственно проявились приемы формообразования, основанные на восприятии природы. Традиционно возведение деревянных церквей осуществлялось плотниками артелями на основе их договора с заказчиками («волостным миром»). В помощь артелям выбирались подсобные рабочие из местных жителей. Эволюция планировки церквей проявлялась в первую очередь в росте и усложнении их структуры за счет увеличения размеров и состава культовых помещений. При этом габариты помещений лимитировались размером используемых бревен. Поэтому первоначально увеличение размеров храмов происходило за счет блокировки срубов, что предопределило появление линейной композиции храма.

Линейный и линейно-центрический типы композиции деревянной белорусской церкви. Линейный принцип композиции деревянной церкви складывался вследствие увеличения количества основных культовых помещений путем добавления к алтарной части дополнительных объемов, располагавшихся последовательно. Развертывание пространства в таком храме проходило по главной продольной оси сооружения, а композиция являлась симметричной.

Возникшая потребность в увеличении центральной части вызвало необходимость выявления в плане двух горизонтальных осей при доминирующей продольной и соподчиненной ей поперечной. Этот прием существенно расширил возможности формообразования храмов. Обычно все части церкви с линейным и линейно-центрическим типом композиции объединяла общая крыша. Усложнение деревянных церквей нашло отражение и в их высотном развитии. Эволюция шла от срубной постройки, восходящей к типу народного деревянного жилого дома, к сложным ярусным композициям с доминирующей вертикальной композиционной осью.

Для строительства церкви использовались от одного до трех срубов в виде четвериков или восьмериков. Их число и решение вертикального развития объемов создавало различные ярусно-осевые композиции. Разнообразные сочетания срубов, завершенных шлемовидными куполами или шатрами, определяли высотное построение церквей. Поскольку срубы в плане имели различные размеры, общая композиция приобретала ассиметричную форму, придавая силуэту церкви живописность. Индивидуальность храмам придавали путем разнообразных сочетаний пластичных шлемовидных завершений.

Крестово-центрический принцип формирования композиции. В народном деревянном зодчестве традиция играет роль своеобразного «ограничителя», который допускает изменение форм лишь под

влиянием достаточно сильных внешних импульсов, способных дополнить или изменить внутренние закономерности саморазвития архитектурного типа здания. В этом случае эволюция шла от сооружений со слабо выраженным крестообразным построением в плане и четко выраженной продольно-осевой направленностью до «классической» крестово-центрической композиции. Этим белорусские храмы отличаются от чисто центрических деревянных храмов России, в основе формирования которых лежали башенные прототипы.

Одной из причин возникновения крестово-центрической композиции деревянной церкви явилась логика саморазвития данного архитектурно типа, завершившегося формированием ярко выраженного ядра и развитием боковых приделов. Вторым источником крестово-центрической композиции можно считать византийские храмы-образцы, по примеру которых вырабатывались региональные конструктивно-пространственные принципы организации сакрального сооружения.

Крестово-центрические деревянные церкви представляли собой уникальный синтез культур – византийской и древнебелорусской, имеющей глубокие народные истоки. Это определило художественное своеобразие данного типа культовых сооружений и способствовало художественному обогащению традиций белорусского зодчества.

Выводы. Анализ материала, полученного в результате проведенного исследования, показал: развитие туризма является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь; два из наиболее успешно развивающихся в Беларуси видов туризма – агро- и экотуризм. Учитывая, что большинство памятников народной архитектуры расположены в сельской местности, фактор связи архитектуры с природной средой обрел особую значимость.

Сделан вывод, что огромное количество горожан хотели бы провести свой отпуск не на море, а в деревне. Агротуризм набирает свои обороты. У туристов появляется мотивация к отдыху в сельской местности:

- 1) желание быть ближе к природе, возможность дышать свежим воздухом;
- 2) возможность познакомиться с другой культурой и традициями;
- 3) желание участвовать в разных праздниках, общаться;
- 4) отсутствие средств для отдыха в других местах;
- 5) повышенный интерес к культурным ценностям.

Основной вид белорусского народного зодчества в агротуризме – деревянная архитектура, в особенности культовая.

Анализ развития деревянных храмов Беларуси показал, что в условиях относительной защищенности силой традиций от внешних влияний, направленность тенденций развития храмов сохранялась на протяжении нескольких веков. Инерционность эволюции проявилась, прежде всего, в росте и усложнении структурных форм главным образом путем увеличения размеров и количества культовых помещений в соответствии с функциональными требованиями. Характерной чертой белорусских деревянных церквей явилось выделение главной оси и в крестово-центрических сооружениях. Это обусловило их отличие от центрических российских храмов, прототипом для которых послужили оборонные башни. На формирование крестово-центрической композиции церкви оказали также влияние приемы древнебелорусского зодчества и обращение к византийским прототипам. Названные особенности регионального развития обусловили разнообразие форм и композиционных приемов формирования деревянной культовой архитектуры Беларуси.

В настоящем времени сохранившиеся и восстановленные культовые сооружения являются памятниками архитектуры неся в себе историю и эстетическую ценность, не потеряв при этом свое функциональное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкович, М.А. Памятники православного монументального зодчества Полоцка во второй половине XVIII–XIX вв. / М.А. Иванкович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия А, Гуманитарные науки. – 2018. – № 9 – С. 103–107.
2. Кожар, Н. Особенности развития деревянного культового зодчества Беларуси / Нина Кожар, Марлена Райчык. – Минск : БНТУ, 2013.
3. Сергачев, С.А. Перспективы развития архитектуры агротуризма на Белорусском Подвинье / С.А. Сергачев // Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов : сб. ст. Респ. науч.-практич. семинара, Новополоцк, 8–9 окт. 2015 г. ; Полоцкий гос. ун-т ; под общ. ред. В.Е. Овсейчика, Г.И. Захаркиной, Р.М. Платоновой. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – С. 187–192.
4. Сергачев, С.А. Перспективы развития архитектуры агротуризма на белорусском Подвинье : автореф. дис. ... д-ра архитектуры : 18.00.01 / С.А. Сергачев ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2015. – 35 с.
5. Хмельницкий, Е.С. Деревянная архитектура Беларуси : традиции конструирования и эстетика форм / Е.С. Хмельницкий. – Минск : Белорус. нац. техн. ун-т, 2017. – Т. 2. – 369 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 691.32

УЛУЧШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИИ БЕТОННОГО ОСНОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В.А. ХВАТЫНЕЦ, Е.А. ТРАМБИЦКИЙ
(Представлено: канд. техн. наук Д.Н. ШАБАНОВ)

Рассматривается эффективность использования обрезков щелочестойкой стеклосетки при дисперсном армировании цементных плит, используемых в дорожном строительстве. Приведены результаты испытаний на продавливание цементных плит с различным процентным содержанием стеклосетки. Установлено оптимальное содержание волокна в количестве 10% от массы вяжущего.

Разработка экономичных цементобетонных покрытий, обладающих высокими эксплуатационными качествами и показателями современного технического уровня, является актуальной задачей для дорожного строительства Республики Беларусь.

На эксплуатационные показатели дорожных одежд оказывает существенное влияние прочность основания. Известно [1], что укрепление грунтов оснований выполняется вяжущими материалами, в том числе отходами производства, обладающими вяжущими свойствами. В работе [2] показано, что эффективным сырьем для укрепления оснований являются отработанные формовочные смеси литейного производства и ваграночной шлак. При оптимальном сочетании рецептурно-технологических факторов может быть достигнуто значение прочности при сжатии смеси для дорожного основания сразу после уплотнения 1,02 МПа.

При устройстве цементобетонных покрытий конструкция жестких дорожных одежд включает промежуточный слой из тяжелого бетона, который лежит на песчаном основании [3; 4]. При таком варианте устройства покрытия средний бетонный слой воспринимает большую часть нагрузок.

Перспективным методом увеличения прочности бетонного основания является дисперсное армирование [5]. Армирование позволяет перераспределять возникающие от действия транспортной нагрузки напряжения на большую площадь и тем самым способствовать стабильной работе дорожной одежды даже в неблагоприятных природно-климатических условиях.

Объектом исследования в данной работе являются цементные плиты, армированные фиброй. В качестве фибры применялись отходы в виде обрезков щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100)-1800/1800 ОАО «Полоцкстекловокно» (рисунок 1). Основные характеристики отходов сетки: размер сечения – 20×25 мм; номинальная масса – 160 г/м²; разрывная нагрузка – 1800 Н; химическая устойчивость – очень высокая. Предмет исследования – прочность цементных плит на продавливание на жестком основании.



Рисунок 1. – Внешний вид отходов щелочестойкой стеклосетки ОАО «Полоцкстекловокно»

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы плит, толщиной 30 мм, размером в плане 140×120 мм, с различным процентом фибрового армирования: без фибры, 10, 20%

и 30% от массы цемента. Для изготовления образцов использовался портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» СЕМІ 42,5Н; водоцементное отношение принято В/Ц = 0,4. После формирования образцы подвергались тепловлажностной обработке. Образцы испытывались на продавливание на гидравлическом прессе ПГМ-1000МГ4. Плиты укладывались на жёсткое основание (плиту пресса), нагрузка передавалась через металлический круглый штамп диаметром 60 мм в геометрическом центре плит. Разрушение опытных образцов плит производилось ступенями до разрушения. Полученные в ходе испытания данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Влияние фибрового армирования на прочность и перемещение при продавливании цементных плит

Номер образца	Содержание фибры, %	Нагрузка, P , кН	Перемещение, L , мм
1	0	1,01	2,764
2	10	0,11	0,012
2	10	0,21	0,164
2	10	0,33	0,302
2	10	0,44	0,395
2	10	0,54	0,469
2	10	0,95	0,748
2	10	1,22	0,829
2	10	1,45	0,973
2	10	1,74	1,117
3	20	0,1	0,014
3	20	1,06	2,007
4	30	0,56	0,499
4	30	1,27	1,207

По полученным данным построен график, который отражает зависимость усилий и перемещений в зоне пластических деформаций исследуемых образцов (рисунок 2).

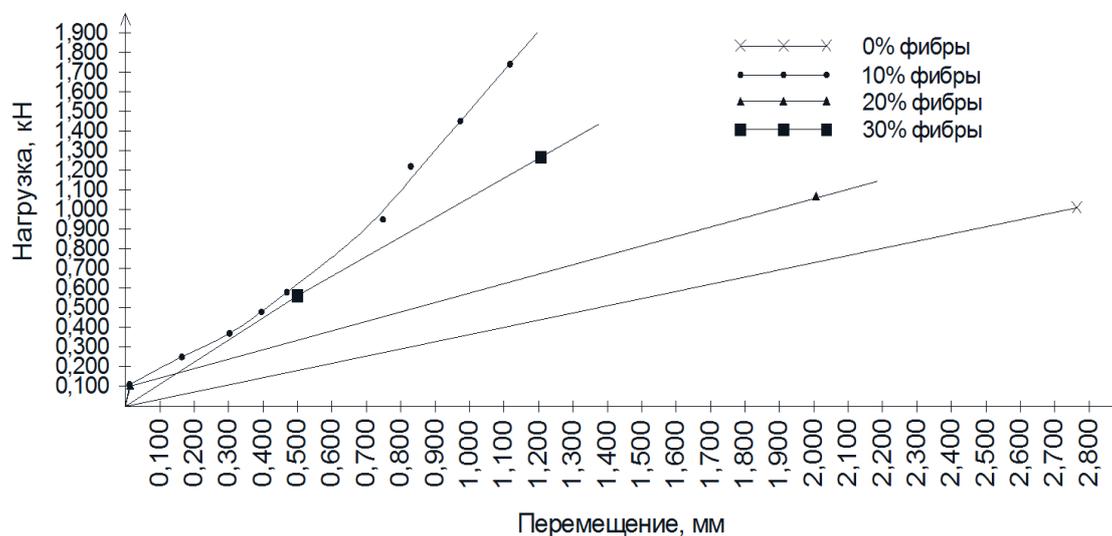


Рисунок 2. – Зависимость перемещений от нагрузки на штамп в центре плит

Разрушение образцов без фибры имеет хрупкий характер. Добавление фибры меняет характер разрушения, оно носило более пластичный характер, образцы с фиброй сохраняли свою форму. Было очевидно, что фибра активно включилась в работу и не дает образцу расколоться на части. Максимальную нагрузку без образования трещин выдержал образец с армированием фиброй в количестве 10% от массы цемента. При наибольшем усилии 1,74 кН зафиксировано наименьшая величина перемещения, которая составила 1,117 мм. Дальнейшее увеличение количества фибры до 20 и 30% от массы цемента не приводит к увеличению прочности образцов.

Далее образцы нагружались до момента трещинообразования, что было принято за начало разрушения образцов. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Данные испытаний опытных образцов на продавливание

Номер образца	Содержание фибры, %	Нагрузка Р, кН	Перемещение L, мм
1	Без фибры	1,01	2,764
2	10	210,88	1,778
3	20	284,96	2,189
4	30	89,58	3,263

При достижении разрушающей нагрузки образовывались трещины, радиально расходящиеся от штампа, под штампом образовалась зона смятия. Даже после образования трещин образцы сохраняли свою форму и не разламывались на части. При количестве фибрового армирования 10% (образец 2) трещинообразование начинается при нагрузке 210,88 кН, перемещение в этот момент составляло 1,778 мм. В образце с 20%-ным фибровым армированием (образец 3) трещинообразование начинается при нагрузке 284,96 кН, но при этом перемещение составляет 2,189 мм.

По полученным в ходе испытаний данным можно сделать следующие *выводы*:

- за счёт введения волокон, разрушение перестаёт быть хрупким, после раскрытия трещин образец не раскалывается за счёт связывающего действия фибры;

- оптимальное содержание фибры составляет 10% от массы цемента, при данном проценте армирования обеспечивается восприятие максимальной нагрузки при минимальных значениях перемещений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что показатели прочности на продавливание промежуточного бетонного слоя в составе жестких дорожных одежд при устройстве цементобетонных покрытий могут быть значительно увеличены при фибровом армировании отходами щелочестойкой стеклосетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов, Б.Н. Сборные многокомпонентные дорожные покрытия [Электронный ресурс] / Б.Н. Карпов. – Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/sbornye-mnogokomponentnye-dorozhnye-pokrytiya>. – Дата доступа: 20.11.2017.
2. Хватынец, В.А. Техногенные отходы литейного производства – эффективное сырьё для приготовления смесей, используемых в укрепленных основаниях автомобильных дорог / В.А. Хватынец, Н.А. Аверченко, Д.Н. Шабанов. – Автомобильные дороги и мосты. – 2015. – № 2. – С. 47–51.
3. Высоцкий, Ю.Д. Опыт эксплуатации сборных силикатобетонных дорожных покрытий / Ю.Д. Высоцкий // Автомобильные дороги. – 1972. – № 12. – С. 20–21.
4. Василенко, Л.Т. К расчёту напряжённого состояния плиты на неоднородном упругом основании / Л.Т. Василенко, Н.Д. Панкратова // Прикладная механика. – Киев, 1991. – № 10. – С. 31–38.
5. Соломатов, В.И. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / В.И. Соломатов // Новые композиционные материалы в строительстве. – 1981. – С. 5–9.
6. Влияние дисперсного армирования на деформационно-прочностные свойства бетона / С.В. Московский [и др.] // Академ. вестн. УралНИИПроект РААСН. – 2016. – № 3. – С. 67–71.
7. Кипко, Э.Я. К вопросу о деформируемости фибробетона / Э.Я. Кипко, А.В. Литвинов, А.А. Шубин // Горный информационно-аналитический бюл. : науч.-техн. журн. – 2000. – С. 48–50.

УДК 691.322.7

**ПОЛИСТИРОЛБЕТОН ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ
ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА ЩЕЛОЧЕСТОЙКОЙ СТЕКЛОСЕТКИ****В.А. ХВАТЫНЕЦ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)*

Рассматривается эффективность использования обрезков щелочестойкой стеклосетки при дисперсном армировании полистиролбетона, используемых в качестве теплоизоляционного материала. Приведены результаты испытаний прочности на сжатие и изменение плотности в зависимости от длины и процентного содержания фибры. Установлено оптимальное содержание волокна от массы вяжущего и его длина.

Современный уровень развития малоэтажного и каркасного домостроения требует постоянного улучшения имеющихся на рынке конструкционно-теплоизоляционных материалов [1]. К числу таких материалов относятся монолитные конструкции и стеновые блоки из полистиролбетона. Фактором, сдерживающим их широкое применение, является низкая прочность на сжатие при низких плотностях. Одним из способов повышения прочности при сохранении плотности служит дисперсное армирование [2–5]. В качестве фибры выбраны отходы производства щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100)-1800/1800 производства ОАО «Полоцк-Стекловолокно». Данный материал был выбран за счёт своей структуры, состоящей из стеклянных волокон, склеенных эпоксидным составом.

Для определения прочности на сжатие полистиролбетона, дисперсно-армированного отходами щелочестойкой стеклосетки, проведен двухфакторный эксперимент (таблица 1). В качестве входных параметров приняты длина волокон в стеклосетке (X_1) и процентное содержание волокон относительно массы цемента (X_2). Фибра разделена на три группы, которые отличались между собой длиной волокон сетки. Длина волокон составляла 10 мм, 20 и 30 мм. Во всех смесях использовался пенополистирол фракции 1–7 мм. Уровни варьирования факторов и план эксперимента приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. – Уровни варьирования факторов

Уровень варьирования	Входные параметры	
	тип волокна (X_1), мм	процент содержания фибры от массы цемента (X_2)
–1	10	5
0	20	10
+1	30	15

Для приготовления полистиролбетона использовался цемент (600 кг/м^3), вода (300 кг/м^3) и пенополистирол (1 м^3). Водоцементное отношение (В/Ц) принято 0,5. Для эксперимента были изготовлены образцы десяти составов, отличающиеся процентным содержанием фибры и длиной волокон фибры. Состав № 10 (таблица 2) принят в качестве контрольного без армирования отходами производства стеклосетки. Испытания по определению прочности на сжатие проводились на образцах в форме куба с номинальными размерами $100 \times 100 \times 100$ мм в возрасте 28 суток, в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [27]. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. – План и результаты эксперимента

Состав	X_1	X_2	Плотность, кг/м^3	Прочность на сжатие, МПа
1	–1	–1	437,8	1,838
2	–1	0	416,0	1,227
3	–1	+1	457,1	1,498
4	0	–1	479,5	2,870
5	0	0	480,6	3,071
6	0	+1	486,9	2,755
7	+1	–1	479,5	2,864
8	+1	0	461,4	2,861
9	+1	+1	471,3	2,946
10	–	–	520,5	2,901

По полученным данным построены графики зависимости прочности на сжатие и плотности полистиролбетона от длины и процентного содержания фибры (рисунки 1–4).

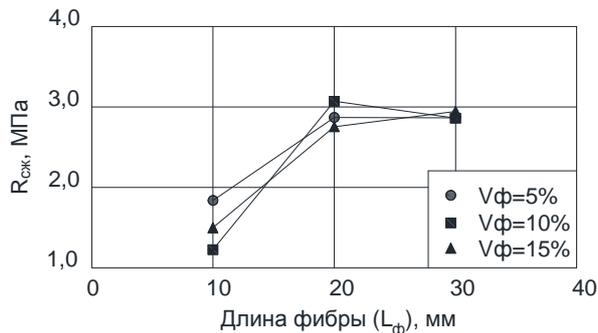


Рисунок 1. – Зависимость прочности полистиролбетона на сжатие от длины фибры

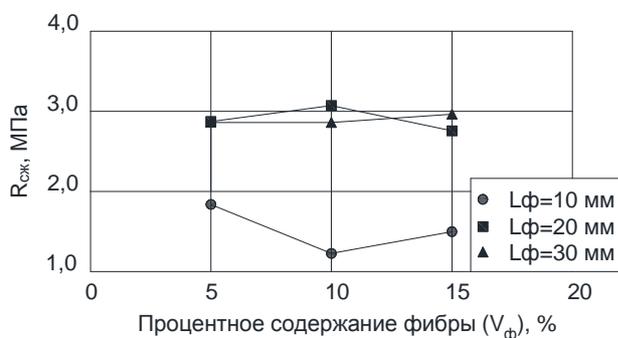


Рисунок 2. – Зависимость прочности полистиролбетона на сжатие от процентного содержания фибры

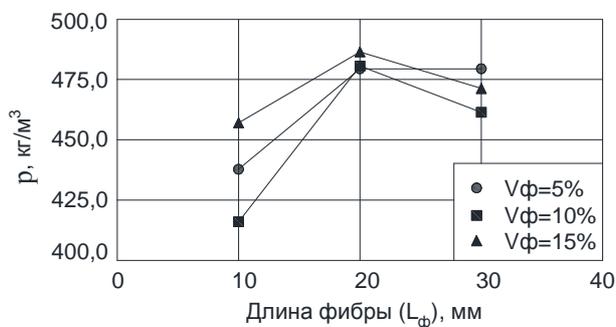


Рисунок 3. – Зависимость плотности полистиролбетона от длины фибры

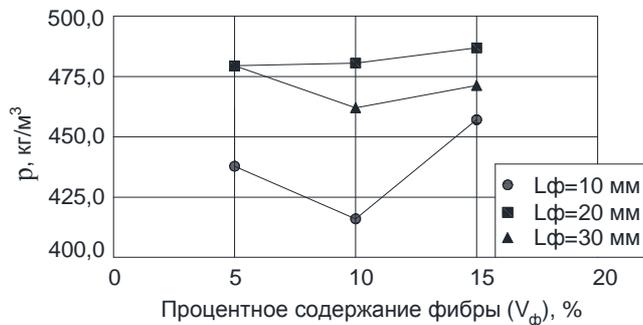


Рисунок 4. – Зависимость плотности полистиролбетона от процентного содержания фибры

Экспериментально установлено (см. рисунок 1), что при армировании полистиролбетона стеклосеткой с длиной волокон 20 мм в количестве 10% от массы вяжущего, прочность на сжатие достигла максимального значения и составила 3,07 МПа.

Армирование полистиролбетона стеклосеткой с длиной волокон 10 мм не только не дает положительного эффекта, а наоборот, приводит к потере прочности на сжатие при любом процентном содержании фибры. Оптимальной является длина волокон, равная 20 и 30 мм.

Результаты эксперимента показали, что армирование полистиролбетона отходами производства стеклосетки может приводить как к снижению, так и к увеличению плотности полистиролбетона. При введении 10% фибры длиной 10 мм зафиксирована минимальная плотность, равная 416 кг/м³. При введении 15% фибры длиной 20 мм плотность составляет 485 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяйнов, К.Э. Технологии минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов / К.Э. Горяйнов, К.Н. Дубеницкий, С.Г. Васильков. – М. : Стройиздат, 1976. – 536 с.
2. Сари, М. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы: вклад полиамидных волокон / М. Сари, Дж. Лекселент, Р. Решерш // Современные технологии сухих смесей в строительстве «MixBULD»: сб. докл. ; под общ. ред. Э.Л. Большакова. – СПб. : ГУПС, 2001. – С. 48–60.
3. Стешенко, А.Б. Модифицированный теплоизоляционный пенобетон с пониженной усадкой : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / А.Б. Стешенко. – Томск, 2015. – 24 с.
4. Кипко, Э.Я. К вопросу о деформируемости фибробетона / Э.Я. Кипко, А.В. Литвинов, А.А. Шубин // Горный информационно-аналитический бюл. : науч.-техн. журн. – 2000. – С. 48–50.
5. Корнеева, И.Г. К вопросу оптимального армирования мелкозернистого бетона базальтовыми волокнами / И.Г. Корнеева, Н.А. Емельянова // Изв. вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2016. – № 4 (19). – С. 122–128.

УДК 621.317.39

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
БЕТОННОГО ОБРАЗЦА С ПОМОЩЬЮ ГЛУБИННЫХ ДАТЧИКОВ**

Е.А. ТРАМБИЦКИЙ, В.А. ХВАТЫНЕЦ
(Представлено: канд. техн. наук Д.Н. ШАБАНОВ)

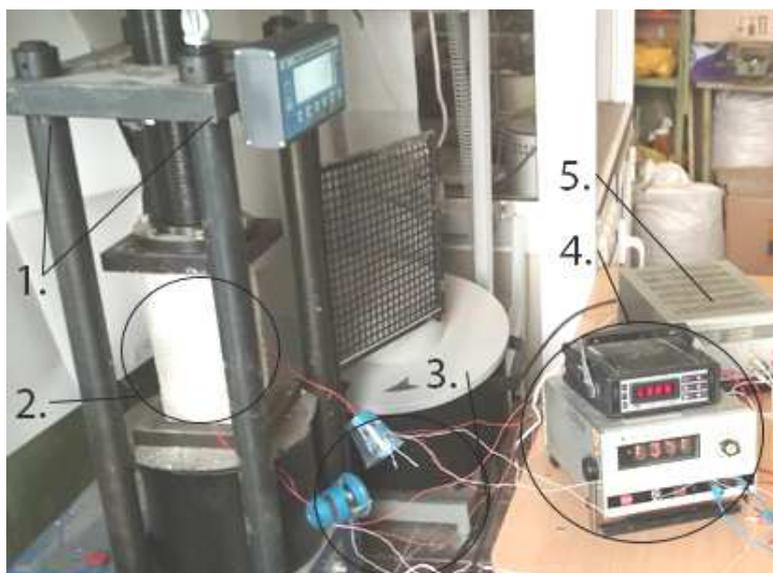
Рассматривается вопрос эффективности использования тензодатчиков при исследовании деформационных характеристик бетона. Проведена регистрация структурных изменений бетона при нормальных напряжениях посредством глубинных тензометрических датчиков. Построен график «напряжение – деформация» для бетонной призмы с наложением на него показаний тензометрической аппаратуры.

Введение. Обеспечение высокой надежности создаваемых конструкций и оптимизация параметров расчета в значительной степени определяются наличием информации о физико-механических свойствах используемых материалов [6]. Для корректного определения остаточного ресурса конструкций исходные данные необходимо определять по результатам натуральных испытаний и измерений. Однако для большинства конструкций получение достоверных исходных данных затруднено, что естественно снижает корректность расчетов. Величины напряжений, возникающих в конструкциях, как правило, принимаются по результатам формализованных расчетов, что не отражает действительной работы конструкций. Возникает необходимость искать достоверные оперативные способы получения исходных данных для расчетов непосредственно с натуральных конструкций. Выходом из создавшегося положения является применение телеметрических систем контроля за состоянием объектов [7].

В настоящее время использование тензорезисторов дает возможность следить за развитием деформаций в конструкциях. Метод тензометрирования заключается в определении напряженного состояния путем измерения деформаций, постоянных упругости и деформативности бетона с последующим вычислением напряжений [11].

Основная часть. Для определения напряженно-деформированного состояния бетона в качестве опытного образца использовалась бетонная призма с размерами 100×100×200 мм. Состав бетонной смеси из расчета на 1 м³: портландцемент марки 400 – 1500 кг, песок – 500 кг, вода – 300 л.

Способ изготовления глубинного датчика, его формовка и установка в тело бетона описаны в работе [13]. В лаборатории Полоцкого государственного университета была собрана испытательная установка для дальнейшего испытания бетонных образцов и определения их напряженно-деформированного состояния с помощью глубинных тензодатчиков. Общий вид установки приведен на рисунке 1.



1 – пресс гидравлический ПГМ-500МГ4А; 2 – бетонный образец с установленными глубинными датчиками; 3 – выводы проводов с глубинных датчиков; 4 – вольтметр; 5 – источник питания постоянного тока.

Рисунок 1. – Оборудование, использованное для тензометрических измерений

Измерение показателей датчиков осуществлялось с помощью тензометрической системы, выполненной по схеме «полный мост». При измерениях тензометрической аппаратурой важно обеспечить четкую запись исследуемого процесса.

Фиксация нагрузки также осуществлялась прессом гидравлическим ПГМ-500МГ4А. Пресс снабжен электрическим приводом и тензометрическим силоизмерителем. Отличительной особенностью прессы ПГМ-МГ4 являются отсутствие пульсаций в гидросистеме, микропроцессорное управление процессом нагружения, обеспечивающее автоматическое поддержание скоростей нагружения, фиксация разрушающей нагрузки, вычисление прочности с учетом масштабного коэффициента [12].

Результаты испытаний бетонной призмы фиксировались как с поверхности (с помощью гидравлического прессы ПГМ-500МГ4А), так и изнутри (при помощи вольтметра и глубинных датчиков). Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты испытаний бетонной призмы на сжатие

№ нагружения	Нагрузка, кН	Деформации, мм	Электрическое напряжение, V
1	0,92	0,601	1,27
2	8,48	1,204	1,4
3	96	1,506	1,471
4	197,64	2,018	1,483
5	247,87	2,475	1,573

По данным таблицы был построен график напряженно-деформированного состояния бетонной призмы с наложением на него показаний (рисунок 2), полученных с глубинных датчиков (рисунок 3).

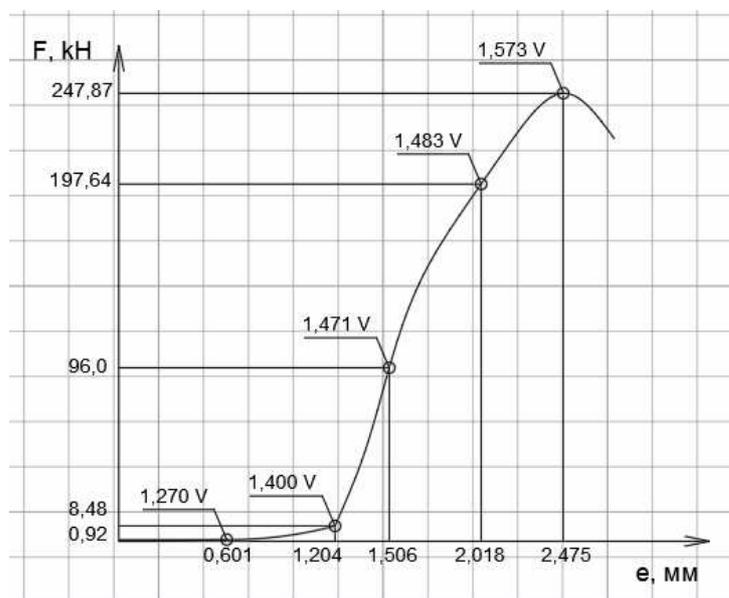


Рисунок 2. – График относительных продольных деформаций испытываемого образца



Рисунок 3 – Испытание бетонного образца с установленными в него глубинными датчиками

Из графика (см. рисунок 2) видно, что с ростом нагрузки и деформации также росли и показания вольтметра, подключенного к глубинному датчику. Из этого можно сделать вывод о том, что датчик находился в работе и воспринимал внутренние деформации бетона. Стоит отметить, что разница между нулевым и разрушающим показателем нагрузки составляет 0,303 V.

Можно предположить, что для бетона аналогичного состава с такой же прочностью на сжатие при снятии нагрузки до изменения показаний вольтметра на 0,303 V возможно избежание разрушения образца и, как следствие, конструкции. Испытание других образцов с применением глубинных датчиков будет способствовать появлению базы выходных значений, которая будет применена для оценки напряженно-деформированного состояния бетона определенного состава и характеристик в данный момент времени.

Заключение. В ходе проведенного эксперимента установлено, что глубинные датчики способны воспринимать деформации той среды, в которую они помещены. Требуется дальнейшее исследование и совершенствование методов фиксации и регистрации показаний с глубинных датчиков для определения напряженно-деформированного состояния бетонных образцов. Например: установка глубинных датчиков в различных направлениях развития внутренних напряжений, а именно в форме «розетки»; испытание новых форм и конструкций датчиков; применение более современных тензорезисторов.

Важным вопросом также является создание многоканальной измерительной системы, способной автоматически снимать показания сразу с нескольких глубинных датчиков, регистрировать их в журнал испытаний и обрабатывать результаты экспериментов, что существенно сократит продолжительность измерений и уменьшит трудоемкость данного процесса.

В дальнейшем планируется связать результаты, полученные на данной установке, с возможностями компьютерного моделирования, для последующей визуализации и анализа происходящих структурных изменений в теле исследуемого бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, С.Ю. Применение глубинных датчиков на основе тензорезисторов при исследовании деформаций ползучести тяжелого бетона / С.Ю. Макаренко // Теория и практика расчета зданий, сооружений и элементов конструкций. Аналитические и численные методы : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Н.Н. Леонтьева и 110-летию профессора В.З. Власова ; МГСУ. – М. : МГСУ, 2017. – С. 74–77.
2. Красновский, Р.О. О методике испытания железобетонных балок на действие поперечных сил / Р.О. Красновский // Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций. – М. : Госстройиздат, 1962. – С. 160–173.
3. Исследование деформативности бетонных колонн методом глубинной тензометрии / Г.Л. Ватуля [и др.] // Зб. наук. праць Полтавського нац. техн. ун-ту ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2014. – к. 3 (2). – С. 30–36.
4. Ватуля, Г.Л. Определение деформаций бетона с помощью глубинных датчиков / Г.Л. Ватуля, Е.И. Галагурия, Д.Г. Петренко // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2014. – к. 2. – С. 48–56.
5. Ватуля, Г.Л. Определение механических характеристик конструкций с помощью глубинных датчиков / Г.Л. Ватуля, Е.И. Галагурия, Д.Г. Петренко // Будівельна механіка і гідравліка : зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2016. – Вып. 138. – С. 231–235.
6. Безгодков, И.М. К вопросу о методике исследования бетона в условиях трехосного сжатия / И.М. Безгодков, И.А. Горбунов, П.Ю. Шульгин // Предотвращение аварий зданий и сооружений [Электронный журнал]. – 2010. – Режим доступа: <http://pamag.ru/src/prensa/076.pdf>.
7. Шешуков, А.Н. Применение телеметрических систем для мониторинга напряженно деформированного состояния конструкций / А.Н. Шешуков, С.В. Мальцев, Р.П. Богущ // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений : сб. науч. тр. ; под ред. Д.Н. Лазовского. – Минск, 2001. – С. 402–404.
8. Механизм проявления в бетоне собственных деформаций и напряжений / А.М. Подвальный [и др.] // Бетон и железобетон. – 2007. – № 4. – С. 13–16.
9. Физико-механические, силовые, энергетические и структуроформирующие параметры бетона / К.А. Пирадов [и др.] // Бетон и железобетон. – 2002. – № 2. – С. 10–12.
10. Инженерный анализ средствами T-FLEX [Электронный ресурс] / – 2016. – Режим доступа: <http://tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=3941>. – Дата доступа: 30.03.2018.
11. Ватуля, Г.Л. Тарировка и определение точности показаний глубинного датчика / Г.Л. Ватуля, Е.И. Галагурия, Д.Г. Петренко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – Пермь, 2014. – С. 375–380.
12. Пресс испытательный гидравлический малогабаритный ПГМ-500МГ4 [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://belavalon.by/katalog/product/view/5/336>. – Дата доступа: 01.10.2018.
13. Шабанов, Д.Н. Контроль напряженно-деформированного состояния бетонных конструкций с использованием метода тензометрии / Д.Н. Шабанов, А.Н. Ягубкин, Е.А. Трамбицкий // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации : электрон. сб. ст. междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию Полоц. гос. ун-та, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоц. гос. ун-т ; под ред. А.А. Бакаловича, Л.М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – С. 242–248.

УДК 69.059.4

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
НОРМАТИВНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ****М.С. КОРШУНОВА***(Представлено: канд. экон. наук, доц. Г.Н. СЕРЯКОВ)*

Проанализирована суть понятия «нормативный срок службы». Изучена история его появления и методология получения существующих нормативных сроков для зданий и сооружений различного назначения. Изучен советский опыт и проведено сравнение с данными в нормах ТНПА Республики Беларусь. Выявлено несовершенство имеющихся норм. Сделан вывод о необходимости разработать приближенные рекомендации по назначению сроков службы различных современных зданий с целью их последующего включения в действующие ТНПА на проектирование.

Под сроком службы здания понимают продолжительность его безотказного функционирования при условии осуществления мероприятий технического обслуживания и ремонта [1]. Срок службы – это важная характеристика, которая позволяет осуществлять градостроительную политику, планировать систему ремонтов на этапе проектирования, решать другие технические вопросы. В условиях инновационной экономики роль данного понятия возрастает и находит своё отражение также в инвестиционной привлекательности, получении прибыли и эффективности реализации проекта.

В административной экономике СССР впервые были введены нормативные сроки службы зданий и сооружений в зависимости от функционального назначения и конструктивного решения. Для жилых зданий было присвоено шесть групп по капитальности; для общественных – девять (таблица 1); для промышленных – семь [2]. Они основаны на прочности и долговечности основных конструкций. Наибольшую сложность в классификации представляют здания и сооружения промышленного назначения, так как помимо прочности конструкций и их износа большое значение имеют производственные условия, которые сказываются на состоянии конструктивных элементов (температурный режим, повышенная влажность, динамические нагрузки и т.д.).

Таблица 1. – Классификация общественных зданий в зависимости от материала стен и перекрытий

Группа зданий	Конструкция зданий	Срок службы, лет
1	2	3
I	Здания особо капитальные с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каменными материалами	175
II	Здания капитальные со стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны или столбы железобетонные либо кирпичные; перекрытия железобетонные или каменные, своды по металлическим балкам	150
III	Здания со стенами из штучных камней или крупноблочные, колонны и столбы железобетонные или кирпичные, перекрытия деревянные	125
IV	Здания со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и столбы железобетонные или кирпичные, перекрытия деревянные	100
V	Здания со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и столбы кирпичные или деревянные, перекрытия деревянные	80
VI	Здания деревянные с бревенчатыми или брусчатыми рубленными стенами	50
VII	Здания деревянные, каркасные и щитовые	25
VIII	Здания камышитовые и прочие облегченные (деревянные, телефонные кабины и т.п.)	15
IX	Палатки, павильоны, ларьки и другие облегченные здания торговых организаций	10

Исследование методологии, которая была принята в СССР, для определения нормативных сроков службы привело к следующему выводу: приведённые данные были получены методом экспертных оценок и экстраполяции, после проведения исследований износа зданий и теоретических проработок [2]. Данные методы являются приближенным приёмом для сферы строительства и конкретно уровня значимости данного материала в дальнейшем. Нормативные сроки службы используются для начисления амортизационных отчислений, а также построения грамотной градостроительной политики.

Из-за недостатка финансирования и надлежащего контроля, данное направление в СССР было приостановлено. Общий срок службы зданий был исключён из перечня нормируемых параметров.

Проанализировав действующие нормативные акты в Республике Беларусь, можно сделать вывод о том, что в системе ТНПА практически сохранены численные значения сроков службы и межремонтных периодов, с минимальными поправками для учёта возникновения новых материалов и конструктивных решений. Это сделано для упрощения перехода на новое законодательство в сфере строительства, чтобы не «ломать» существовавшую систему финансирования основных фондов, которая сложилась в СССР.

При переходе к инновационной экономике и сокращении жизненного цикла промышленных и гражданских зданий и сооружений, совершенствовании конструктивных решений и т.д. назревает вопрос об изменении нормативных сроков службы, которые служили бы ориентиром для заказчика при составлении технического задания на проектирование конкретного объекта.

Сохранение старых норм, основанных на опыте СССР, сдерживает инвестиционные процессы. Важным аспектом становится привлекательность проекта для инвестора, которого интересует срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и рентабельность инвестиций.

В бывшем СССР инвестиционный цикл составлял 50 лет. В США продолжительность полного инвестиционного цикла составляет сегодня в среднем около 10 лет, 3 года строительства включая проектирование, 7 лет эксплуатации, причем окупаемость затрат первые 3 года [3]. Эти цифры являются примером развитой инвестиционной деятельности. При нестабильных условиях реализации проектов чем короче инвестиционный цикл, тем меньше рисков испытывает данный проект, а следовательно, упрощается процесс управления проектом и планирования.

Оптимальная долговечность и нормативный срок службы в условиях динамично развивающейся экономики Республики Беларусь не должны быть завышены для всех типов зданий и более всего – для промышленных, где потребность в модернизации возникает каждые 5 лет в связи с моральным износом оборудования. Поэтому в инновационной экономике нужно ориентироваться не только на физический износ конструктивных элементов здания и их прочность, но и уделять особое внимание моральному старению, наступление которого ускоряется с каждым годом инновационного развития. Моральный износ здания и сооружений различают двух форм: под моральным износом первой формы понимают обесценивание ранее построенных зданий; под моральным износом второй формы понимают технологическое старение, требующее дополнительных капитальных вложений на модернизацию зданий. Именно моральный износ второго типа встречается наиболее часто и имеет сложную структуру расчёта.

Таким образом, следует продолжить исследование современных зданий и сооружений по вопросу нормативного срока службы и жизненного цикла, учесть зарубежный опыт в данном аспекте. Это позволит перейти к системе более грамотного проектирования, выбора типов конструктивных решений зданий исходя из разумности в рамках конкретного проекта.

Необходимо разработать приближенные рекомендации по назначению сроков службы различных современных зданий с целью их последующего включения в действующие ТНПА на проектирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Срок службы зданий // Строй-сервис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-server.ru/notes/srok-sluzhby-zdaniy>. – Дата доступа: 10.09.2018.
2. Казачёнок, В.Г. Нормирование сроков службы зданий и периодичности ремонтных работ / В.Г. Казачёнок, А.Е. Шилов // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2010. – № 3. – С. 85–96.
3. Инвестиционный процесс: жизненный и инвестиционный цикл в строительстве // Студопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/6_146963_investitsionniy-protsess-zhiznenniy-i-investitsionniy-tsikl-v-stroitelstve.html. – Дата доступа: 15.09.2018.

УДК 691.263.5

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ**А.Д. ЧЕРНЫШОВ, А.С. КАТУЛЬСКАЯ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)*

Рассматриваются способы повышения водостойкости гипсовых вяжущих. Показано влияние шлама водоподготовки, золошлаковых отходов, дефеката на прочность и водостойкость гипсового вяжущего. Сделан вывод, что шлам водоподготовки, золошлаковые отходы, а также отходы сахарного производства могут использоваться в составе комплексного модификатора гипсового вяжущего.

В последние годы для выполнения внутренних отделочных работ высоким спросом пользуются материалы и изделия на основе гипсовых вяжущих. Объясняется это преимуществами гипсовых вяжущих веществ, которые обладают: достаточной прочностью; хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, пожаробезопасностью, сравнительно низкой плотностью; экономичностью и способствует поддержанию комфортного микроклимата в помещении. Однако по сравнению с цементными составами имеют и некоторые недостатки: низкая водостойкость, высокая ползучесть, недостаточная морозостойкость материала, которые ограничивают область применения материалов и изделий из гипса.

Неводостойкость гипса объясняется высокой растворимостью дигидрата сульфата кальция, его высокой проницаемостью и расклинивающим действием молекул воды при проникновении в межкристаллические полости [1].

Представленный в работе [2] механизм твердения композиции, твердая фаза которой состояла из двухводного и полуводного гипса, включает две стадии. При затворении водой полуводный гипс начинает интенсивно растворяться, и в системе быстро создается пересыщение относительно двухводного. В комбинированной гипсовой системе подложкой может служить поверхность частиц двухводного гипса, что обуславливает возможность образования двумерных зародышей гидрата на его поверхности. Вследствие этого процесса происходит обрастание исходных кристаллов двухводного гипса, что приводит к уменьшению расстояния между ними. При уменьшении зазора между частицами до критического размера возникают мостики срастания и образуется пространственная кристаллизационная структура. Однако пространственная структура может не возникнуть, если начальное расстояние между частицами двухводного гипса слишком велико, в том случае, если исходная смесь недостаточно уплотнена и количество вяжущего полуводного гипса недостаточно для того, чтобы при его гидратации зазор между кристаллами двухводного уменьшился до критического.

После окончания процесса гидратации полуводного гипса наступает вторая стадия твердения системы. К этому моменту сформировалась первичная пространственная структура, обладающая некоторой начальной прочностью. Происходит упрочнение существующей первичной структуры, а также возможно возникновение контактов кристаллизации между несвязанными кристаллами.

Повышение водостойкости гипсовых вяжущих может быть достигнуто следующими способами [3]:

- повышением плотности изделий за счёт изготовления методом трамбования и вибропрессования из малопластичных смесей;
- увеличением водостойкости гипсовых изделий при помощи наружной и объёмной гидрофобизации, пропитки изделий веществами, которые препятствуют проникновению влаги;
- использованием химических добавок, также пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства изделий и материалов из гипса;
- снижением растворимости в воде сульфата кальция и создание условий образования нерастворимых соединений для защиты дигидрата сульфата кальция путём сочетания гипсового вяжущего с гидравлическими компонентами, такими как известь, портландцемент, активные минеральные добавки.

Исследования [4] показали, что одним из путей повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение добавок, в том числе техногенных отходов, содержащих в своём составе карбонаты кальция и способных образовывать водостойкие и твердеющие в воде продукты как в результате химической реакции с вяжущим, так и за счёт собственной гидратации, и могут являться эффективными добавками гипсовых вяжущих. Экспериментально подтверждена возможность расширения сырьевой базы гипсовых вяжущих за счёт применения шлама водоподготовки Новополоцкой ТЭЦ. Использование шлама водоподготовки возможно благодаря содержанию карбоната кальция в химическом составе 62,8–68,2%. При введении шлама в количестве 5% от массы гипсового вяжущего вещества прочность на изгиб увеличивается на 13,8%, прочность на сжатие – на 48,1%.

Для получения композиционных гипсовых вяжущих могут использоваться любые модификации гипсовых вяжущих, в том числе и золошлаковые отходы. Установлено [4], что при введении в качестве модификатора золошлаковых отходов, которые в своём химическом составе содержат до 90% оксидов кремния и алюминия, прочность на изгиб по сравнению с контрольным составом увеличилась на 24,1%, прочность на сжатие не изменилась. Водостойкость данных гипсовых вяжущих увеличивается на 14,3% по сравнению с бездобавочными составами.

Увеличить номенклатуру выпускаемых строительных материалов на основе гипсовых вяжущих возможно при применении отходов сахарной промышленности. Одним из таких отходов является известково-кальциевый материал (дефекат), образующийся в процессе очистки диффузионного сока извести. Авторами [4] предложено использовать дефекат, модифицированный термическим способом для производства композиционных строительных материалов на основе гипсовых вяжущих. Введение дефеката, который термически активируется, в количестве 5% от массы гипсового вяжущего позволяет увеличить прочностные характеристики гипсовых композиционных материалов в 2,3 раза.

Таким образом, шлам водоподготовки, золошлаковые отходы, а также отходы сахарного производства могут использоваться в составе комплексного модификатора гипсового вяжущего, которые способны улучшить прочностные характеристики и значительно снизить водопоглощение гипсового камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белякова, Н.А. Повышение водостойкости строительного гипса / Н.А. Белякова, В.Н. Рубцова, Е.А. Осипова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., Оренбург, 1–3 февр. 2017 г. – Оренбург : Оренбург. гос. ун-т, 2017. – С. 573–579.
2. Печенкина, Т.В. Прессованные композиции из двухводного гипса и строительные материалы на их основе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Т.В. Печенкина ; Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т. – Уфа, 2009. – 24 с.
3. Коровяков, В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения / В.Ф. Коровяков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2005. – № 3. – С. 28–31.
4. Katulskaya, A. Effective modifiers of gypsum binders substances / A. Katulskaya, L. Parfenova // European and national dimension in research : Materials of X junior researchers conference, Novopolotsk, May 10–11, 2018. / Polotsk State University ; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2018. – Part 3. Technology. – P. 12–14.

УДК 691.263.5

КОМПЛЕКСНЫЕ МОДЕРНИЗИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ДЛЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ**А.Д. ЧЕРНЫШОВ, А.С. КАТУЛЬСКАЯ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)*

Представлен краткий обзор комплексных добавок, включающих карбонатсодержащий компонент природного и техногенного происхождения и пластифицирующих добавок. Сделан вывод, что эффективным способом повышения прочности и водостойкости гипсовых вяжущих являются комплексные добавки, включающие карбонатсодержащий компонент и суперпластификатор.

Гипсовые вяжущие вещества и материалы на их основе обладают рядом ценных качеств. Производство гипсовых вяжущих нетоксично, требует низких удельных расходов топлива и энергии (примерно в 4–5 раз меньше по сравнению с производством цемента), материалы на основе гипсовых вяжущих характеризуются высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, огне- и пожаробезопасны, легкие, могут использоваться в качестве декоративных элементов для архитектурных решений внутренней отделки помещений. Особенно следует отметить, что использование гипсовых материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счёт того, что ими легко поглощается и отдаётся влага [1].

Практический интерес представляют комплексные модификаторы, которые включают химические добавки и минеральные добавки природного и техногенного происхождения. Использование отходов производства позволяет снизить объёмы их хранения и улучшить экологическую ситуацию в регионах, что является актуальной задачей производства строительных материалов и изделий.

Введение пластифицирующих добавок [2] позволяет значительно увеличить водостойкость гипсового камня. При твердении гипсового камня его прочность с течением времени увеличивается, что обусловлено уменьшением его пористости. На ранних сроках твердения добавки замедляют процесс гидратации, образуя на частицах вяжущего плёнки, которые с течением времени разрываются, и процесс гидратации возобновляется. За счёт образования структуры с меньшей пористостью повышается водостойкость гипсовых вяжущих.

В работе [3] при использовании в качестве добавки, повышающей водостойкость гипсового вяжущего, применялся суперпластификатор «Стахемент 2000М Ж30». Это позволило увеличить прочность гипсового вяжущего на сжатие на 15,4%, на изгиб – на 6,9%. Кроме того введение суперпластификатора в сочетании с золошлаковыми отходами позволило увеличить прочность на изгиб на 8,3%, а также прочность на сжатие – на 3,8%.

Использование золошлаковых отходов [4] в составе композиционных гипсовых вяжущих позволяет оказывать влияние на этапы твердения и изменять конечные свойства материалов. Гидравлическая активность является наиболее важным свойством золошлаковых отходов, что обуславливает возможность их применения в составе вяжущих веществ. Увеличение их удельной поверхности повышает реакционную способность минералов, способствуя устранению условий образования и накопления этtringита за счет связывания гидроксида кальция активированным кремнеземом и уменьшения количества алюминатных составляющих за счет ускоренной гидратации поргланццемента, что обуславливает повышение прочности и долговечности сформированной структуры затвердевших композиционных гипсовых вяжущих и материалов на их основе.

Установлено [5], что при введении шлама водоподготовки в качестве наполнителя гипсового вяжущего в количестве от 5 до 15% позволяет снизить водопотребность вяжущих на 5–7% и даёт основание полагать о наличии у него пластифицирующего эффекта. Использование шлама водоподготовки в составе гипсового вяжущего совместно с химической добавкой суперпластификатора Melflux 1641F позволяет не только снизить водопотребность гипсового вяжущего и замедлить сроки схватывания композиционного гипсового теста, а также повысить прочность и водостойкость гипсового камня. Наиболее приемлемой пропорцией добавки, при которой наблюдаются наибольшие показатели прочности и сохраняются оптимальные сроки схватывания, составляет 0,1% Melflux 1641F и 14,5% шлама водоподготовки от массы композиционного гипсового вяжущего [6].

В работе [7] предложено использовать в качестве модификаторов свойств гипсовых вяжущих различные минеральные добавки природного и техногенного происхождения: болотную железную руду, известняк и карбонатсодержащую добавку из шлама водоумягчения. В качестве химических добавок использовались добавки различного функционального назначения: суперпластификатор С-3, «Реламикс», «Дефомикс», «Динамикс», пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом С-3М-15. При введении карбонатсодержащей добавки, болотной железной руды происходит регулирование сроков схва-

тывания гипсового вяжущего, наблюдается увеличение прочности и водостойкости. Применение комплексного модификатора на основе добавок природного и техногенного сырья в сочетании с пластифицирующими добавками в количестве от 0,1 до 0,5% приводит к снижению водопотребности вяжущего, а также повышению прочности до 25%.

Авторами [5] предложено использовать комплексную добавку в составе керамзитовой пыли, извести и суперпластификатора, которая позволяет уменьшить размеры кристаллов гипса и приводит к большей степени их срастания. Комплексный модификатор позволяет повысить плотность искусственного камня при заполнении пор образующимися низкоосновными гидросиликатами кальция с возникновением дополнительных контактов срастания, увеличением доли закрытых пор, в результате чего увеличится водостойкость и прочность гипсового камня.

Предложен способ получения [6] синтетического гипса путем сернокислотного разложения доломита, позволяющий получать малоэнергоёмкие высококачественные мономинеральные и полиминеральные (многофазовые) гипсовые вяжущие. Это обеспечит не только импортозамещение природного гипса и гипсовых вяжущих, но и послужит базой для создания новых перспективных строительных материалов на их основе. Установлена взаимосвязь в ряду «параметры синтеза – структура – свойства» гипсовых вяжущих, полученных конверсией двухводного гипса, образующегося при сернокислотном разложении доломита, оптимизация режима его синтеза (вододоломитовое отношение 3:1, концентрация серной кислоты 22–24%, температура синтеза 65–75°C, прямой порядок сливания реагентов, введение в реакционную среду инициаторов кристаллизации), что обеспечивает получение гипсовых вяжущих с заданными размерами. Разработаны физико-химические основы низкотемпературного структурно-управляемого синтеза (100–105 °C) моно- и полиминеральных гипсовых вяжущих, осуществляемого конверсией дигидрата сульфата кальция в растворе сульфата магния с получением целевого продукта. При получении порошкообразного синтетического гипса и его последующей автоклавной обработке происходит повышение прочности гипсового вяжущего.

Таким образом, эффективным способом повышения прочности и водостойкости гипсовых вяжущих являются комплексные добавки, включающие карбонатсодержащий компонент и суперпластификатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гипсовые вяжущие для сухих смесей [Электронный ресурс] / Конференция BALTIMIX. Архив конференции. – Санкт-Петербург, 2002. – Режим доступа: http://www.baltimix.ru/confer/confer_archive/reports/doclad02/Bogoyavlen.php. – Дата доступа: 03.09.2018.
2. Самигов, Н.А. Физико-химическая структура и свойства водостойких и высокопрочных композиционных гипсовых вяжущих / Н.А. Самигов [и др.] // *Universum: Технические науки: электрон. науч. журн.* – 2015. – № 10.
3. Katulskaya, A. Effective modifiers of gypsum binders substances / A. Katulskaya, L. Parfenova // *European and national dimension in research: Materials of X junior researchers conference, Novopolotsk, May 10–11, 2018 / Polotsk State University*; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2018. – Part 3. Technology. – P. 12–14.
4. Рецепт водостойких композиционных гипсовых вяжущих с композитами техногенного происхождения / А.Х. Аласханов [и др.] // *Вестн. Дагестан. гос. техн. ун-та. Техн. науки.* – 2015. – № 4. – С. 63–76.
5. Валеев, Р.Ш. Рекуперативная технология утилизации шламовых отходов водоподготовки в строительных материалах с использованием пластификатора С-3 / Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхiev // *Вестн. Казан. технол. ун-та.* – 2011. – № 11. – С. 41–45.
6. Валеев, Р.Ш. Способ применения шламовых отходов водоподготовки в строительных материалах с использованием суперпластификатора MELFLUX 1641F / Р.Ш. Валеев, И.Г. Шайхiev // *Вестн. Казан. технол. ун-та.* – 2012. – Т. 15, № 10. – С. 111–113.
7. Самохина, Е.Н. Гипсовые композиционные материалы с комплексом минеральных и химических добавок : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Е.Н. Самохина ; Моск. гос. строит. ун-т. – М., 2007. – 18 с.
8. Халиуллин, М.И. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли / М.И. Халиуллин, Р.З. Рахимов, А.Р. Гайфуллин // *Вестн. МГСУ.* – 2013. – № 12. – С. 109–117.
9. Кузьменков, Д.М. Получение из доломита синтетического гипса и конверсия его на гипсовые вяжущие : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.11 / Д.М. Кузьменков ; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2014. – 25 с.

УДК 699.822

**КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ САЛЬНИКОВ
ПРИ ПРОХОДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ СТЕНКУ****В.И. БЕЛОШАПКА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. ШВЕДОВ)*

Показаны существующие на данный момент варианты проходки трубы через фундамент. Рассмотрены основные методы устройства стыков с использованием гильз и сальников. Выделены основные преимущества и недостатки каждой единой технологии.

Технология, по которой устраивается узел прохода трубопровода через ограждение, зависит от используемых материалов и типа конструкций. Неверно выполненный узел трубопровода – это потенциальная опасность аварий, ведущей к убыткам. При прокладке трубопровода в процессе строительства различных сооружений пропуск труб через стены осуществляют с применением сальников или гильз. Эта часть конструкции препятствует проникновению влаги внутрь сооружения. На данный момент использование сальников и гильз находится на первом месте по возможности устройства герметичного стыка. Устройство сальников и гильз является надежными и вполне соответствует предъявляемым к ним требованиям. С другой стороны, эти два способа, несмотря на свою стоимость, являются довольно трудоемкими, кроме того, велика вероятность брака при выполнении монтажа узла такого вида.

При устройстве таких узлов используется послойное заполнение шва специальными составами, которые, в свою очередь, препятствуют попаданию влаги. Зазоры, возникающие между пропускаемыми трубами и корпусами монтируемых сальников, необходимо плотно набить. Толщина предварительно полученной набивки должна превышать размеры зазора. Материал набивки следует уплотнять слой за слоем посредством сильных ударов молотка по конопатке или же с помощью пневмоинструментов. В решающей степени функциональные возможности и эффективность сальникового уплотнения определяются свойствами материала набивки. Чтобы обеспечить успешное использование сальниковых уплотнений, необходимо решение задачи – набивка должна обладать спектром качеств, важнейшим среди которых наряду с как можно меньшим коэффициентом трения стойкость: химическая стойкость к уплотняемым рабочим средам; термическая стойкость к воздействию высоких и низких температур; механическая стойкость к износу и иным механическим воздействиям.

Самый простой способ обезопасить трубопровод от передачи нагрузки стен и фундаментов – это использовать «гильзу» (рисунок 1). Чаще всего гильза представляет собой кусок трубы большего диаметра, чем диаметр пропускаемого через стену трубопровода, иногда с дополнительными элементами усиления. Данный тип применяется в тех случаях, когда вероятность деформации отверстия или смещения стены или перекрытия достаточно мала. В большинстве случаев при использовании гильз применяется набивка, которая заполняет свободное пространство между наружной поверхностью трубопровода и внутренней поверхностью гильзы.

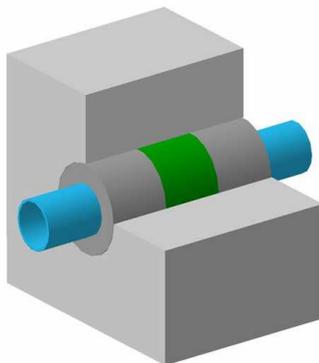


Рисунок 1. – Узел с использованием металлической гильзы

Гильза для трубопровода – основной элемент. И это относится к коммуникациям разных сооружений: жилых, офисных или промышленных. Деталь выполняет ряд функций: механическую, защитную, гидроизолирующую, противопожарную, санитарную, а также повышает срок эксплуатации трубопроводов и облегчают их замену. Устройство гильз для трубопровода зависит от его вида: водопровод холодного и горячего снабжения; система водоотведения; теплопровод.

Причины использования футляров (гильз) при прокладке магистралей через «преграды»:

- подвижность и чувствительность прямых участков соединения к перепадам температур;
- гильза защитит конструкцию от сезонной или вызванной возросшей нагрузкой деформации;
- гипотетическая потребность в ремонте, демонтаже или замене фрагмента магистрали; гильза позволит провести эти манипуляции без разрушения строительного элемента [1].

Основные преимущества гильз:

- скорость монтажа и дешевизна данного узла.
- элемент сохраняет свою целостность при воздействии динамических нагрузок;
- высокая степень защиты основной трубы от различного рода дефектов.

Из недостатков можно выделить:

- сложность герметизации стыка между трубой и гильзой;
- большая вероятность проникновения влаги при влагонасыщенных грунтах.

Следующий тип – сальник набивной (рисунок 2). Он имеет более сложную конструкцию по сравнению с гильзой. В отличие от нее, набивной сальник всегда имеет элементы усиления – это внешнее кольцо и внутренние ребра. Сальники набивные предназначены для пропуска металлических труб через стены водопроводно-канализационных сооружений в мокрых и сухих грунтах. Сальники могут применяться при перепаде давления на сальнике не более 0,1 МПа (10 м вод. ст.), температуре не выше плюс 50 °С при неагрессивных средах [2].

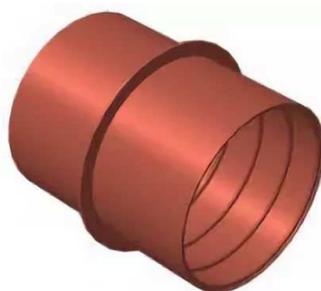


Рисунок 2. – Сальник набивной

Внешнее кольцо служит для надежного крепления сальника в стене и исключения его смещения. Внутренние ребра играют двойную роль: во-первых, они являются дополнительными ребрами жесткости, во-вторых, они удерживают сальниковую набивку. Наличие внутренних ребер в набивном сальнике позволяет более плотно утрамбовать набивку, что уменьшает проницаемость всей конструкции и, соответственно, уменьшает вероятность попадания влаги внутрь помещения.

К преимуществам можно отнести такие:

- высокая герметичность данного стыка при влагонасыщенных грунтах;
- надежная фиксация сальника в конструкции;

Основные недостатки:

- необходимость применения особой технологии набивки стыка;
- стоимость данного сальника на порядок выше гильзы.

Наиболее сложной конструкцией обладает сальник нажимной. Изделие данного типа представляет собой двойной корпус (а не одинарный, как у гильзы или набивного сальника). Оба корпуса сальника нажимного имеют с одной стороны приваренные фланцы с согласованными отверстиями. Такие конструктивные особенности позволяют осуществить еще более плотное прижатие сальниковой набивки, что практически полностью исключает попадание влаги из внешнего грунта через данную конструкцию внутрь помещения. Для облегчения монтажа внутреннюю часть корпуса нажимного сальника чаще всего изготавливают разрезной, то есть с разрезом вдоль корпуса [3]. Нажимные сальники представлены в довольно обширной модельной гамме с различными диаметрами и длинами. Представляют собой такие изделия для монтажа трубопроводов специальные металлические уплотнительные устройства, благодаря которым возможен простой и быстрый пропуск канализационных, водопроводных и канализационных труб через абсолютно любые сооружения во влажных и сухих грунтах. Нажимные сальники различных серий способны выдерживать серьезные нагрузки, работать длительное время безотказно, гарантируя нормальное функционирование трубопровода. При этом сальники выдерживают перепады давления в 0,1–5 МПа; температуры – от минус 50 до плюс 400 градусов [4].

К преимуществам можно отнести:

- высокую герметичность при воздействии грунтовых вод, и иных не благоприятных факторов;
- обширный модельный ряд.

Основные недостатки:

- высокая ценовая категория;
- конструкция нецелостна, состоит из многочисленных деталей.

Для особо важных сооружений применяется газонепроницаемый сальник. В качестве закладной при прокладке различных трубопроводов (газовые трубы, гибкие трубы, трубопроводы тепловых сетей и прочие). Местом установки газонепроницаемого сальника является фундамент (при незначительных осевых перемещениях). Конструктивно сальник изготавливается на основе сальникового компенсатора серии 4.903-10 выпуск 7, с измененной длиной корпуса (откорректированной в зависимости от толщины стены длиной корпуса L1 и заменой внутреннего патрубка трубой тепломагистрали). На газонепроницаемый сальник Т1 снаружи и внутри наносится антикоррозийное покрытие (краской БТ-177 в два слоя по грунтовке ГФ-020). Цена на газонепроницаемый сальник формируется в зависимости от выбранной модели, а также условного диаметра изделия и материала исполнения [5].

К преимуществам можно отнести:

- высокую герметичность в жидкой и газообразной среде;
- обширный модельный ряд.

Основные недостатки:

- высокая стоимость;
- конструкция нецелостна, состоит из многочисленных деталей;
- необходимость соблюдения высокой точности при установке сальника в конструкцию.

Анализ вариантов гильз и сальников для пропуска труб через фундамент показал, что основным пунктом является герметизация данного узла, применение различных конструктивных моделей нецелесообразно без применения современных герметичных материалов, которые играют немаловажную роль в сохранении целостности трубы и защите попадания влаги во внутреннюю часть сооружения.

В данный момент с появлением на рынке новейших герметизирующих составов технология по устройству набивки таких узлов сильно устарела и требует рассмотрения этого вопроса с иной стороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://trubsovet.ru/rem/proxod-truboprovoda-cherez-stenu.html>. – Дата доступа: 29.08.2018.
2. Серия 5.900-2 Сальники набивные Ду 50...1400 для пропуска труб через стены. Рабочие чертежи. Лист 3. Разработана Проектным институтом союзводоканалпроект [Электронный ресурс] ; Главный инженер института: Самохин. Главный инженер проекта: Блоков. – Дата доступа 29.08.2018.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://sankt-peterburg.zavodtm.ru/stati/salnikidlya-trub-i-truboprovodov-osnovnye-tipy/>. – Дата доступа 29.08.2018.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. Режим доступа: <http://www.center-mts.ru/tehnicheskie-stati/nazhimnye-salniki-konstruktsiya-naznachenie-preimushhestva/>. – Дата доступа: 29.08.2018.
5. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://sankt-peterburg.zavodtm.ru/produkcija/zakladnye-detali/gazonepronicamuj-salnik-t1/>. – Дата доступа: 29.08.2018.

УДК 699.822

**СОСТАВЫ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СТЫКА
ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА СО СТЕНКОЙ****В.И. БЕЛОШАПКА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. ШВЕДОВ)*

Отражены применяемые герметизирующие материалы при проходке трубы через стенку. Рассмотрены основные свойства каждого материала для устройства стыков с использованием гильз и сальников. Предложено использование современного герметизирующего состава «Пенетрат Аква Стоп» в сальниковой набивке.

Дефекты сальника в сооружениях возникают в результате деформации их отдельных элементов. Основными дефектами являются протечки в местах соприкосновения деталей и составов, различных по материалу, в примыканиях гильзы и стенки ограждающей конструкции. В результате протечек снижаются влагозащитные свойства ограждения, что влечет за собой либо снижение герметичности соединения, либо вовсе полное локальное разрушение данного узла с возможностью повреждений основной трубы. Переменные притоки грунтовых вод снижают прочностные качества ограждающих конструкций и узлов проходок, что приводит к уменьшению нормативного срока службы сооружения.

Для предотвращения этих нежелательных явлений используют специальные герметизирующие составы сальниковой набивки. Причинами нарушения герметичности являются производственно-технические и климатические качества. Материалы, используемые для герметизации стыков, должны обладать высокой эластичностью, необходимой прочностью на разрыв, хорошей адгезией, высокими прочностными и деформативными показателями, атмосферостойкостью, водо- и воздухопроницаемостью, технологичностью и ремонтпригодностью. Для герметизации стыков используются мастичные, прокладочные и набивные ленточные составы.

Мастичные составы подразделяются на самотвердеющие и нетвердеющие. К самотвердеющим относятся мастики на основе тиоколов, кремнийорганических соединений и бутилкаучуков, а к нетвердеющим – полимерные композиции [1].

Тиоколовые – вязкотекучие пастообразные мастики, состоящие из герметизирующих и вулканизирующих составов. После смешивания компонентов происходит необратимый процесс вулканизации и превращения пастообразной массы в резиноподобный материал, который будет повторять изменения размеров стыков, возникающие под воздействием колебаний и внешних сил. Тиоколовые отличаются высокими деформативными и прочностными свойствами: хорошей адгезией к бетону, атмосферостойкостью, воздухо- и водонепроницаемостью, технологичностью [2]. Существующий недостаток тиоколовых герметиков – невозможность производства работ при отрицательной температуре наружного воздуха.

Эластосил – представляет собой однокомпонентный пастообразный материал, способный переходить в резиноподобное состояние в результате взаимодействия с влагой. Хранят его в емкостях из влаго- непроницаемых материалов (патронах, тубах и т.д.). Эластосил-11-06 может эксплуатироваться в интервале рабочей температуры от -55 до $+200$ °С. Его адгезия к бетону составляет $0,3-0,6$ МПа, а предел прочности при разрыве составляет $1,7-2,6$ МПа, относительное удлинение – $150-500\%$, жизнеспособность при температуре 20 °С – $0,5-1,0$ ч [3].

Бутилкаучуковые составы представляют собой самовулканизирующиеся двухкомпонентные высоко-вязкие композиции. Выпускают герметики марок ЦПЛ-2, БГМ-1, БГМ-2, гермабутил-УМ и гермабутил-2М в виде отдельно упакованных компонентов № 1 и 2. Мастики гермабутил-УМ и гермабутил-2М поставляют в парафиновых бочках вместимостью 20 кг. Расфасовывают их в двух вариантах: оба компонента мастичные или один компонент мастичный, второй в виде порошка. Герметики и праймер готовят смешиванием соответствующих компонентов в соотношении, указанном в паспорте [4].

Мастика тиоколосодержащая ЛТ-1 предназначена для герметизации стыков кирпичных, бетонных и других конструкций. Обладает высокими техническими характеристиками. Материал практически не поддается старению, стиранию, разрыву. Обладает высокой адгезией к металлу, бетону, кирпичу, дереву. Устойчива к ультрафиолетовому воздействию, а также кислотному (щелочи, растворители). Получила широкое распространение в строительной отрасли, на объектах повышенной опасности. Является двухкомпонентным материалом. Благодаря наличию тиокола в качестве основного компонента, мастика имеет низкую проницаемость для газов. Интервал рабочий: от -60 °С до $+70$ °С [5].

Прокладочные материалы выпускают в виде полос и жгутов различных профилей и поперечного сечения, в основном используют в сальниках нажимного типа.

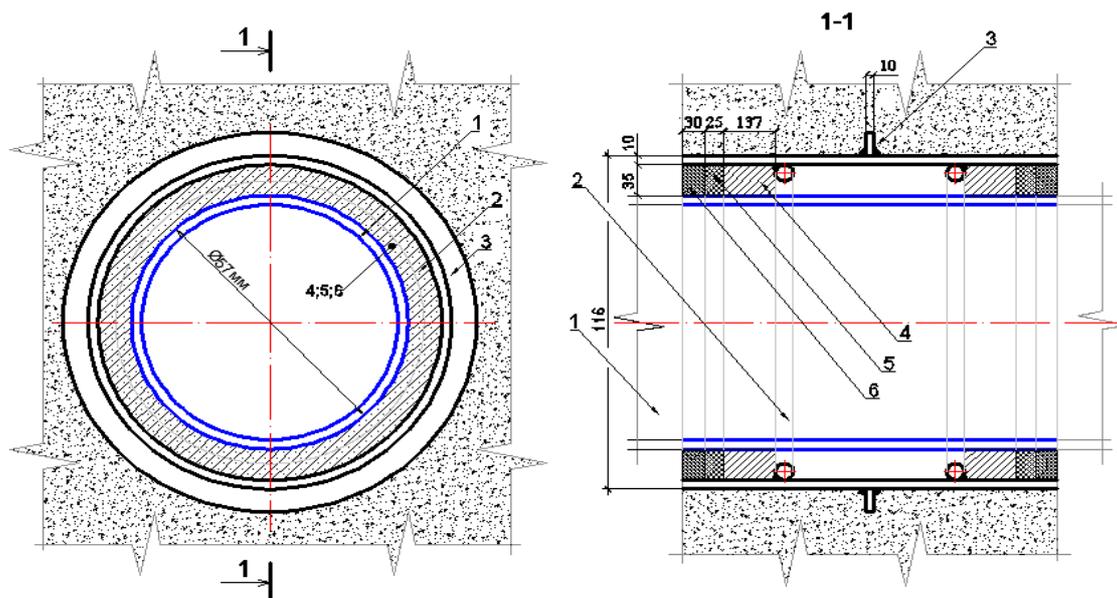
Пороизол – пористый, эластичный и долговечный материал. Производят его с незакрытыми порами на поверхности и с защитным поверхностным слоем (применяют без дополнительной обработки). При установке в шов герметик обжимают на 30–50% первоначального объема.

Гернит – пористый высокоэластичный прокладочный материал серо-коричневого цвета с воздухо- и водонепроницаемой пленкой на поверхности. Изготавливают его в виде жгутов диаметром 20, 40, 60 мм и длиной 3 м. Выпускают пористый гернит П и плотный гернит С, обладающий большей прочностью при растяжении и лучшими деформативными свойствами. Гернит более долговечен, чем пороизол, и обладает большим относительным удлинением. При герметизации стыков между панелями гернит обжимают на 30–40% первоначального объема [5].

Бентонитовый шнур – широко используемый сегодня для герметизации швов и не только. Благодаря своим отличным техническим характеристикам он надёжно защищает различные строительные конструкции от воздействия на них грунтовых вод. Без него практически не обходятся работы по выполнению гидроизоляции коллекторов, насосных станций, резервуаров и др. Нередко именно этот гидроизоляционный материал используется при уплотнении бетонных отверстий, предназначенных под укладку канализационных и водопроводных труб. Для изготовления бентонитового шнура используется глина (бентонитовая, отсюда и название), а также невулканизированный полимер в виде бутылкаучука. Основная особенность бентонитового шнура заключается в том, что при контакте с жидкостью он увеличивается в своих размерах. Это способствует надёжной гидроизоляции различных конструкций [6].

Лента «Герлен» представляет собой однородный эластичный материал, выполненный на основе синтетического каучука, смол, пластификаторов и наполнителей. Клеящая поверхность ее изолирована защитной силиконовой бумагой. Ленту производят двух видов: дублированную нетканым материалом (Герлен Д) и недублированную (Герлен). Выпускают ее полосами шириной 80–200 мм, длиной 12 м и толщиной 3 мм. Допускаемые отклонения, мм: по длине – 10, по ширине – 0,5, по толщине – 0,3–0,5. В обозначении ленты после названия указывают ширину (герлен-100 – ширина ленты 100 мм). К недостаткам ленты следует отнести невозможность ее наклеивания при температуре наружного воздуха ниже 10 °С. Ленточные герметики не нашли широкого применения в устройстве сальниковой набивки, так как этот тип герметизирующего состава требует дополнительных работ для качественного герметичного стыка. К преимуществам ленты следует отнести возможность герметизации стыков сложной конструктивной формы.

При устройстве стыка сальника используется несколько видов герметизирующих материалов, именно их работа в комплексе препятствует попаданию влаги за пределы ограждающей конструкции. Для моделирования стыка (рисунок 1) рассматривается набивка из просмоленной пеньковой пряди, мастика ЛТ-1, а также «Пенетрат Аква Стоп».



1 – основная труба диаметром 57 мм; 2 – упор; 3 – ребро; 4 – коболка водопроводная (жгутовая);
5 – гидроизоляционная смесь ГС Пенетрат Аква Стоп; 6 – замазка из мастики ЛТ-1

Рисунок 1. – Устройство набивного сальника

В данный момент «Пенетрат» является последней разработкой в области герметизирующих составов, применяется он как на открытом воздухе, так и под водой, даже в тех случаях, когда обычные составы вымываются, а полимерные составы не дают прочного сцепления.

Пенетрат – это сверх быстротвердеющий гидроизоляционный состав способный остановить поток воды из трещин, свищей, швов и других отверстий в бетоне и камне. Водоостанавливающий гидроизоляционный состав «ГС Пенетрат Аква Стоп» разработан по ТУ ВУ 100926738.017-2011.

В отличие от аналогичных смесей белорусского и импортного производства, где в состав входят обычный портландцемент и различные добавки, «ГС Аква Стоп» создан на специальном цементе. Механизм работы материала основан на свойствах специальных цементов: быстро набирая прочность увеличиваться в объеме после контакта с водой.

Следует отметить, что гидроизоляционная смесь «Пенетрат Аква Стоп» ранее не применялась в устройстве такого типа сальника. На данный момент по нормативным документам, используемым для проектирования, существует серия «5.900-2 Сальники набивные Ду 50–1400 мм для пропуска труб через стены».

Проведенный анализ указанной серии показал, что она утратила свою актуальность, материалы, применяемые для герметизации по серии либо сильно устарели, либо вовсе не изготавливаются.

В данной работе предложен новый комплекс составов, по своим характеристикам не уступающий прежним, а также более универсальный и менее ресурсоемкий при устройстве сальника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа : <http://mirznanii.com/a/320247/materialy-dlya-germetizatsii-stukov>. – Дата доступа: 29.08.2018.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: https://cemezit.by/germetiki_belsilanthim/produktsiya/germetiki_dlya_proizvodstva_steklopa/. – Дата доступа: 29.08.2018.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://referat.kulichki.net/files/page.php?id=40151>. – Дата доступа: 29.08.2018.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/2015/SMiT/Kalmagambetova%202/teory/7.htm>. – Дата доступа: 29.08.2018.
5. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://slavbelstroy.by/category/germetiki-i-mastiki/tiokolovye/mastika-tiokolovaya-lt-1>. – Дата доступа: 29.08.2018.
6. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://samastroyka.ru/bentonitovyj-shnur-vidy-primenenie.html>. – Дата доступа: 29.08.2018.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 691.5

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ**В.В. ДЕРУГИН, Е.А. РАЗУЕВА***(Представлено : канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАФРЕНОВА)*

Представлены сырьевые материалы для получения золошлакощелочных вяжущих. Показаны технологии получения вяжущих на основе применения щелочных активаторов гидроксида натрия и жидкого натриевого стекла. Представлены результаты эксперимента по оптимизации концентрации гидроксида натрия при щелочной активации золошлаковой смеси Белорусской ГРЭС.

В условиях перехода энергетики Республики Беларусь на ресурсосберегающие технологии, включая использование местных видов топлива, актуальной задачей является утилизация образующихся отходов. Ценным сырьевым материалом являются шлаки и золы теплоэлектростанций (ТЭС). В мировой практике шлаки и золы ТЭС находят широкое применение в качестве добавок к цементу, заполнителей для бетонов и строительных растворов или для замены грунта. Отдельным направлением использования золошлаковых отходов является применение их в качестве основного компонента геополимерного вяжущего. При высоком содержании в составе золы стекловидной алюмосиликатной составляющей геополимерные вяжущие получают путем активирования высококонцентрированными растворами щелочи и последующей тепловой обработке при 60–80 °С [1].

Широко применяется в качестве щелочного активатора гидроксид натрия (NaOH). В исследованиях [2] для получения геополимерного вяжущего использовалась зола, измельченная до удельной поверхности 600 м²/кг и доменной гранулированный шлак Новолипецкого металлургического комбината с удельной поверхностью 380 м²/кг и щелочной активатор NaOH. В эксперименте соотношение активатора и вяжущего (*A/B*) изменилось в интервале от 0,44 до 0,56. Вяжущие твердели в процессе тепловлажностной обработки по трем режимам: при температуре изотермической выдержки 60, 80 и 105 °С. В результате щелочной активации и температурной обработки прочность на сжатие составила 40–50 МПа [2].

В качестве сырья для геополимерных вяжущих в работе [3] предложено использовать золу-унос Томь-Усинской ГРЭС, а также отсевов дробления щебня из магматических горных пород – гранита, дацита и габбро-диабазы. Сырьевые материалы измельчались в шаровой мельнице: зола-унос до удельной поверхности 600 м²/кг, горные породы – до 400 м²/кг. В качестве основного компонента геополимерных вяжущих на основе горных пород использовались гранит Павловского месторождения, гранит Хребетского месторождения, дацит и габбро-диабаз. Во все составы вяжущего вводилась добавка доменного гранулированного шлака, измельченного до дисперсности 380 м²/кг в количестве 8%. В качестве активатора твердения использовалось жидкое натриевое стекло с $M_c = 2,84$ в количестве 13% по сухому веществу от веса вяжущего, а также известь строительная в количестве 2–6%. Процедура приготовления вяжущего была следующей: измельченная горная порода или зола-унос перемешивались с добавкой шлака и извести. Подготовленный порошок затворялся раствором щелочного активатора на основе силиката натрия и воды до обеспечения отношения активирующего раствора к вяжущему 0,42. Для определения прочности и усадки вяжущего были изготовлены образцы, которые твердели в нормальных условиях и в условиях тепловой обработки при температуре изотермической выдержки 60, 80 и 105 °С в течение 10 часов. Прочностные свойства вяжущего оценивались на образцах размером 20×20×20 мм, а усадка – на образцах размером 20×20×100 мм. Исследования зависимостей прочности от температуры твердения и количества извести показали, что оптимальная дозировка составляет 2%. Такая дозировка почти у всех видов вяжущего – как на основе золы-уноса, так и на горных породах, твердеющих при различных условиях, обеспечивает прирост прочности. Для вяжущих на основе золы-уноса наибольшая величина прироста прочности (15 МПа) при введении 2% извести достигается при температуре тепловой обработки 60 °С. Твердение вяжущего на основе золы-уноса при 105 °С обеспечивает наибольшую прочность вяжущего, составляющую 54 МПа. Повышение дозировки извести более 2% дает снижение прочности [3].

В работе [3] для получения золошлакощелочного вяжущего золошлаковые смеси Иркутской и Братской ТЭС затворяли жидким стеклом и подвергали тепловлажностной обработке. Жидкое стекло получали путем прямого растворения микрокремнезема – отхода производства кристаллического кремния Братского алюминиевого завода в щелочном растворе при температуре ниже 100°С и атмосферном давлении. Прочность при сжатии полученного вяжущего в результате тепловлажностной обработки при 80–90 °С и режиме 2 + 3 + 6 + 3 ч, в зависимости от плотности и расхода жидкого стекла составила: при плотности жидкого стекла 1,43 г/см³ – 4,1 МПа; при плотности 1,47 г/см³ – 11,1 МПа; при плотности 1,48 г/см³ – 21,7 МПа [3].

По данным Американского общества по испытанию материалов [6], для получения геополимерных вяжущих более предпочтительна низкокальцевая зола-унос класса F, чем высококальцевая зола класса C.

Как показали результаты исследований [1], зола, образующаяся на Белорусской ГРЭС, при сжигании 50% торфа и 50% древесной щепы содержит более 90% оксида кремния и оксида алюминия. Изучение эффективности щелочной активации торфодревесной золы является актуальным направлением исследований геополимерных вяжущих.

Характеристика материалов и методика проведения исследований. Для проведения эксперимента золошлаковую смесь просеивали и использовали в дальнейшем фракцию, прошедшую через сито № 008 (далее – зола). Торфодревесная зола Белорусской ГРЭС характеризуется следующими показателями:

- насыпная плотность 960 кг/м³;
- истинная плотность 2300 кг/м³;
- нормальная густота 24,5%;
- удельная поверхность 200 м²/кг;
- влажность 6%.

В качестве щелочного активатора использовался гидроксид натрия. Гидроксид натрия предварительно растворялся в воде затворения.

Оптимизация концентрации щелочного активатора выполнялась с применением метода математического планирования эксперимента и обработки данных факторного эксперимента с применением компьютерной программы «PlanExp B-D13», разработанной в среде программирования Microsoft Visual Basic 6.0. Программа ориентирована на работу с трехфакторным планом эксперимента B-D13, который позволяет получать нелинейные квадратичные модели, обладая при этом хорошими статистическими характеристиками. В качестве варьируемых факторов рассматривались массовая доля золы в составе геополимерного вяжущего (x_1), массовая доля гидроксида натрия NaOH (x_2) и водозольное отношение (x_3), в качестве результативного фактора – прочность на сжатие геополимерного камня ($R_{сж}$). Согласно плану эксперимента рассчитывается 10 опытов по 3 параллельных испытания в каждом.

Для определения прочности на сжатие геополимерного вяжущего изготавливались образцы-кубики с ребром 20×20×20 мм с содержанием компонентов согласно таблице 1.

Образцы твердели при температуре 80 °С в течение 24 часов, а затем испытывались через 24 часа нормально-влажностного твердения на прочность на испытательном прессе немецкого производства Testungbluhm&feuerherdtgmbh модель C089-04.

Матрица планирования и результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Матрица планирования			Натуральные значения переменных			Прочность на сжатие, $R_{сж}$, МПа		
	x_1	x_2	x_3	Зола	NaOH	В/З	y_1	y_2	y_3
1	-1	-1	-1	0,6	0,09	0,224	2,30	2,34	2,24
2	+1	-1	-1	1	0,09	0,224	3,85	4,23	3,65
3	-1	+1	-1	0,6	0,19	0,224	4,04	4,13	3,48
4	-1	-1	+1	0,6	0,09	0,294	2,19	2,21	2,20
5	-1	0,19	0,19	0,6	0,149	0,265	2,80	2,76	2,15
6	0,19	-1	0,19	0,838	0,09	0,265	2,84	3,49	3,65
7	0,19	0,19	-1	0,838	0,149	0,224	5,33	5,20	5,23
8	-0,29	+1	+1	0,742	0,19	0,294	2,04	1,93	2,20
9	+1	-0,29	+1	1	0,125	0,294	2,43	2,60	2,48
10	+1	+1	-0,29	1	0,19	0,248	4,06	3,96	3,43

При затворении золошлаковых смесей щелочными растворами гидроксида натрия разной концентрации были получены разные по подвижности смеси от сухой до пластичной.

Пластичные смеси получены для составов 4, 5, 8, 9, но показатели прочности для этих составов уступают более жестким смесям, что свидетельствует об избыточном количестве воды в составах.

По результатам эксперимента получена адекватная математическая модель, для визуализации которой построена диаграмма линий равного уровня (изолиний), представляющая собой проекцию трехмерной поверхности на плоскость $(x_1; x_2)$ при $x_3 = \text{const} = 0,259$ (рисунок 1).

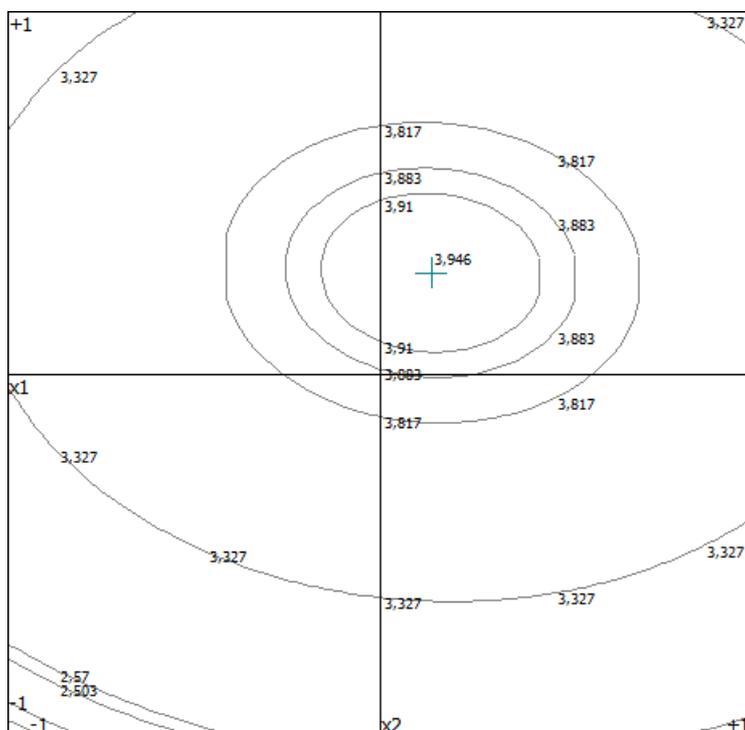


Рисунок 1. – Диаграмма изолиний математической модели прочности на сжатие золошлакощелочного вяжущего при $x_3 = 0,259$

С использованием математического планирования эксперимента найден экстремум функции отклика, который составляет $Y = 3,946$ МПа. Экстремум достигается при значениях переменных $x_1 = 0,279$ и $x_2 = 0,137$. Таким образом, определена оптимальная концентрация щелочного активатора, которая составила 54,3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенова, Л.М. Комплексное вяжущее на основе портландцемента и золошлаковых отходов ТЭС / Л.М. Парфенова, М.Н. Высоцкая, Пауло А.Л. Фернандес // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – № 8. – 2018. – С. 60–66.
2. Ерошкина, Н.А. Свойства геополимерного вяжущего на основе золы-уноса Томь-Усинской ГРЭС / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин, И.В. Коровченко // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2014. – № 12 (34). – С. 30–34.
3. Геополимерные вяжущие на основе зол-уноса и горных пород [Электронный ресурс] / Н.А. Ерошкина [и др.] // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4. – Ч. 1. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51849>. – Дата доступа: 23.09.2018.
4. Способ получения гидроактивированного композиционного зольного вяжущего : пат. 2346904 RU / Л.А. Урханова, П.К. Хардаев, Н.Н. Костромин. – Оpubл. 10.11.1995.

УДК 624.012.3

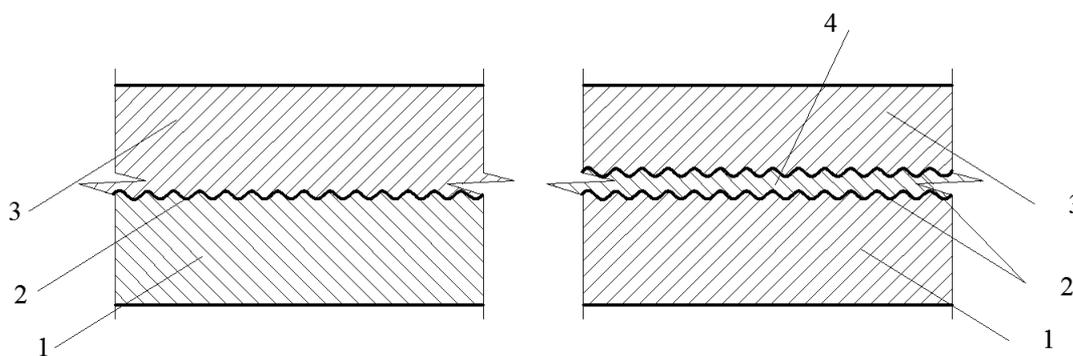
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ,
ПРОСЛОЕК, ГРУНТОВОК В СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ****Ю.С. АТРАШКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Рассматривается вопрос о контактных швах в составных железобетонных конструкциях. Показано, что существует достаточно много факторов, влияющих на сопротивление сдвигу контактного шва. Отмечается что использование модифицированного бетона, прослоек, грунтовок может увеличить сопротивление сдвигу контактного шва.

В настоящее время совместное использование материалов с различными свойствами – актуальный и перспективный аспект в строительстве, так как это даёт возможность соединения в одной конструкции нескольких элементов с разными характеристиками. При этом используются положительные свойства каждого материала в отдельности, обеспечивается надёжная эксплуатация всей конструкции и её совместная работа.

Совместная работа составных бетонных и железобетонных конструкций и их надёжная эксплуатация невозможна без обеспечения прочности контактного шва. Контактный шов в общем случае представляет собой соединение как минимум двух элементов: соединение нового бетона (намоноличивания) со старым (сборным) бетоном – при реконструкции; сборных элементов с монолитным бетоном – при сборно-монолитном строительстве; соединение участков монолитного бетона с вновь уложенным или после технологического перерыва – при монолитном строительстве, при замоноличивании стыков, при сборном строительстве.

В основном в большинстве работ, имеющих по данной тематике, рассматривают наличие лишь одного контактного шва, однако следует отметить, что при применении грунтовок и прослоек конструкция представляет собой систему, состоящую из трех слоев, с двумя швами (рисунок 1) [1].



**1 – старый бетон; 2 – контактный шов; 3 – бетон намоноличивания;
4 – прослойка или грунтовка**

Рисунок 1. – Наличие контактных швов в конструкции

Сопротивление сдвигу контактного шва зависит как от подготовки поверхности старого (сборного) бетона, так и от способов бетонирования и составов бетонов и много других факторов.

Исследованию контактного шва в составных бетонных и железобетонных конструкциях посвящено большое количество отечественных и зарубежных работ [1–6]. В последние годы интенсивно ведутся работы по исследованию сопротивлению сдвигу контактного шва многими научно-исследовательскими, проектными и учебными институтами Республики Беларусь: БНТУ, УОБрГТУ, Институтом БелНИИС, Полоцким государственным университетом и другими; по СНГ: НИИЖБ, НИИСП и другими.

На основании этих исследований можно сделать следующие *выводы*:

1) поверхность сопряжения нового бетона со старым должна быть чистой, так как загрязнения поверхности не создавали прослойки или пленки, препятствующей сцеплению бетона. При бетонировании должна быть удалена пленка цементного молока вместе с подстилающим ее тонким слоем пористого бетона;

2) зачастую поверхность конструкции должна быть шероховатой, так как гладкая поверхность не создаёт хорошую адгезию;

3) для монолитного бетона при ведении строительства с перерывами рекомендуется обработать поверхность сильной струёй воды сразу после схватывания бетона;

4) бетон укладывается на влажную, но не мокрую поверхность, так как избыток воды понижает прочность сцепления;

5) также важен уход за бетоном. Для этого рекомендуется поддержание влажностного режима для нового бетона. Поверхности сопряжения элементов также рекомендуется поддерживать во влажном состоянии;

6) имеются достаточно противоречивые сведения о влиянии класса бетона на сопротивление сдвигу контактного шва. Однако исходя из исследований можно сделать вывод, что чем выше класс бетона, тем больше сопротивление сдвигу;

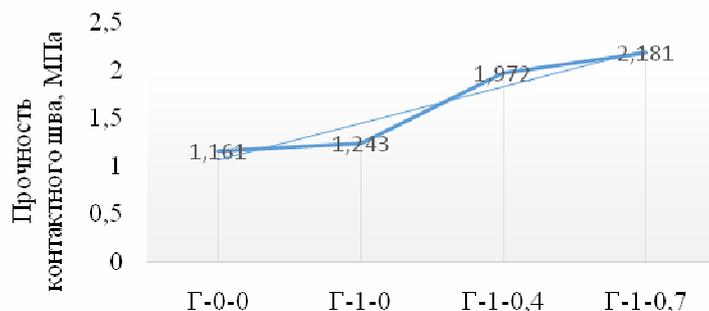
7) подвижность бетона рекомендуется выбирать П2-П3, так как применение «жидких» бетонов снижает сопротивление сдвигу контактного шва;

8) усадка бетона – один из главных факторов, влияющих на сопротивление сдвигу контактного шва. Чем больше усадка, тем меньше сопротивление сдвигу контактного шва;

9) использование различных подобранных составов бетона также влияет положительно на сопротивление сдвигу контактного шва. Например, при использовании модифицирующих добавок в определённых концентрациях, таких как СЗ, СПС, Стахемент 2010, можно уменьшить подвижность бетонной смеси и усадку бетона, повысить прочность контактного шва.

В современных экономических условиях при росте цен на основные строительные материалы, дефиците и высокой стоимости энергии все более остро встает проблема экономии материалов и ресурсов, в том числе и в составных конструкциях. Для этого рекомендуется использовать модифицированные бетоны, прослойки, пропитки [3–5].

В последнее время модифицированные бетоны широко используются в новом строительстве, при реконструкции и техническом перевооружении, так как они позволяют не только сократить энергоёмкость и расход цемента, но и снизить трудоёмкость укладки бетонной смеси за счет частичного или полного исключения операций по ее уплотнению. Это в первую очередь связано с ведением работ в стесненных условиях. Эти же бетоны хорошо зарекомендовали себя и в составных конструкциях. Так, в Полоцком государственном университете были проведены исследования модифицированного бетона гиперпластификатором «Стахемент 2000М». По результатам исследований видно, что сопротивление сдвигу контактного значительно увеличилось (рисунок 2)[7].



Г-1-0 – 0% добавки; Г-1-0,4 – 0,4% добавки; Г-1-0,7 – 0,7% добавки

Рисунок 2. – Влияние гиперпластификатора Стахемент 2000М на прочность контактного шва

Большинство модификаторов дорогие, поэтому эффективно использовать их в прослойках. Так, с уже известными модификаторами «Стахемент 2000М» и СЗ с содержанием добавки 0,7% можно добавлять в прослойку, а в новый бетон – необходимую по условиям строительства концентрацию [7].

Сущность прослоек заключается не только в экономии материалов, но и в уменьшении усадки в области контактного шва. Однако укладка тонкого слоя толщиной от 0,5 до 2 см весьма специфична в строительстве и для выполнения качественного контактного шва требуется постоянный контроль. Поэтому возникает вопрос использования грунтовок или пропиток, когда поверхность можно «пропитать» за 2–4 раза и добиться увеличения сопротивления сдвига контактного шва. Однако следует аккуратно подходить к выбору грунтовок или пропиток, так как назначение у них разное.

В Полоцком государственном университете, исходя из вышеизложенного, проводят исследования по возможности использования грунтовок для увеличения сопротивления сдвигу контактного шва. Уже были проведены исследования грунтовок «Тайфун Мастер № 100» и «CeresitCT19». В настоящий

момент ведутся исследования грунтовок с применением доломитовой муки и сульфата алюминия, которые смогут увеличить прочность контактного шва путём уменьшения усадки и увеличения прочности.

Выводы:

1) в настоящее время существует большое разнообразие видов соединений бетонных и железобетонных конструкций, которые отличаются материалами, технологией соединения и конструктивными решениями;

2) существует много факторов, которые влияют на сопротивление сдвигу контактного шва, начиная от состояния поверхности старого бетона и заканчивая подвижностью и усадкой новой бетонной смеси;

3) использование модифицированных бетонов и прослоек могут значительно увеличить сопротивление контактного шва и уменьшить усадку бетона, однако они достаточно дорогие, а в частности, прослойки требуют контроля укладки, чтобы не были нарушены технологические процессы;

4) необходимо использовать грунтовки как менее трудоёмкий и экономичный материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. маг. техн. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
2. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. 22.
3. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М. : ОНТИ, 1936 г.
4. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2011.
5. Торкатюк, В.И. Склеивание старого бетона с новым / В.И. Торкатюк, Н.М. Золотова ; Харьк. гос. акад. городского хоз-ва // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – 2002. – № 42.
6. By Bruce Suprenant. Bonding new concrete to old. Department of civil engineering&mechanics ; University of south Florida, Tampa, Florida.
7. Калитуха, В.В. Влияние модифицирования бетонов на прочность контактных швов составных конструкций / В.В. Калитуха, К.А. Костюрина, Е.Г. Кремнева.

УДК 624.012.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ КОНТАКТНОГО ШВА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ****Ю.С. АТРАШКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Рассмотрены экспериментальные исследования прочности контактного шва с использованием композиций (трёхкомпонентных и двухкомпонентных) на основе цементных систем. Отмечена целесообразность применения двухкомпонентных композиций.

Совместная работа составных бетонных и железобетонных конструкций и надежная их эксплуатация невозможна без обеспечения прочности контактного шва. Контактный шов в общем случае представляет собой соединение как минимум двух элементов, например, соединение нового бетона (намоноличивания) со «старым» бетоном, при реконструкции; сборных элементов с монолитным бетоном, при сборно-монолитном строительстве; соединение участков монолитного бетона с вновь уложенным, при монолитном строительстве; а также при замоноличивании стыков и швов в сборном строительстве [1].

В последнее время на строительном рынке появилось достаточно большое количество разнообразных материалов (композиций) которые предназначены для увеличения прочности поверхности конструкции после её изготовления. Многие из этих композиций не только увеличивают прочность конструкции верхних слоёв, но и создают гидроизоляционный, морозостойкий, химически стойкий слой. Однако, как повлияет использование композиций на прочность контактного шва, этот вопрос не получил достаточно полного освещения в области использования составных конструкций [1–6].

Условно композиции можно разделить так, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1. – Условное разделение композиций

В частности, прослойки на основе цементных систем выделяются следующими характерными чертами: во-первых, они создают своего рода демпферную зону между старым и новым бетоном, что может решить вопросы уменьшения усадки; во-вторых, при добавлении модификатора в прослойки можно значительно увеличить прочность контактного шва. Толщина прослойки в пределах от 5 до 20 мм.

При выборе клеев следует учитывать не только прочность соединения, но и их надежность и долговечность. Особую роль играют внутренние напряжения и релаксационные процессы, которые в условиях формирования и эксплуатации клеев часто определяют их поведение во времени.

Помимо прослоек и клеев для укрепления бетонных поверхностей используются пропитки для бетона. Проникающая пропитка для бетона в основном состоит из грунтовок глубокого проникновения, которая эффективно проникает в поры бетона и других минеральных материалов. В общем случае пропитка обеспечивает значительное упрочнение поверхности бетона и увеличение ударной прочности; увеличение износостойкости бетонной поверхности; полное обеспыливание бетонной поверхности; обладают высокой гидроизоляционной способностью, что не повышает адгезию бетона.

На сегодняшний день существует огромное количество грунтовок для бетона, которые используются в основном для отделки помещений, как снаружи, так и внутри, для соединения слоёв. Соответствующих исследований по несущим конструкциям найдено не было.

Для определения влияния композиций на основе цементных систем были проведены экспериментальные исследования. В общем случае конструкции для экспериментальных исследований состояли из старого бетона (сборного), монолитного бетона (нового), композиции. Были выполнены три серии образцов [7]:

- Г-1 – состояла из старого (сборного) бетона и бетона намоноличивания;
- Г-2 – состояла из старого (сборного) бетона, бетона намоноличивания и трёхкомпонентной композицией между ними (1 часть цемента, 3 части песка, 3/4 части воды);

- Г-3 – состояла из старого (сборного) бетона, бетона намоноличивания и двухкомпонентной композицией между ними (1 часть цемента, 1/2 часть воды).

Поверхности старого бетона перед укладкой бетона намоноличивания имели следующий вид.



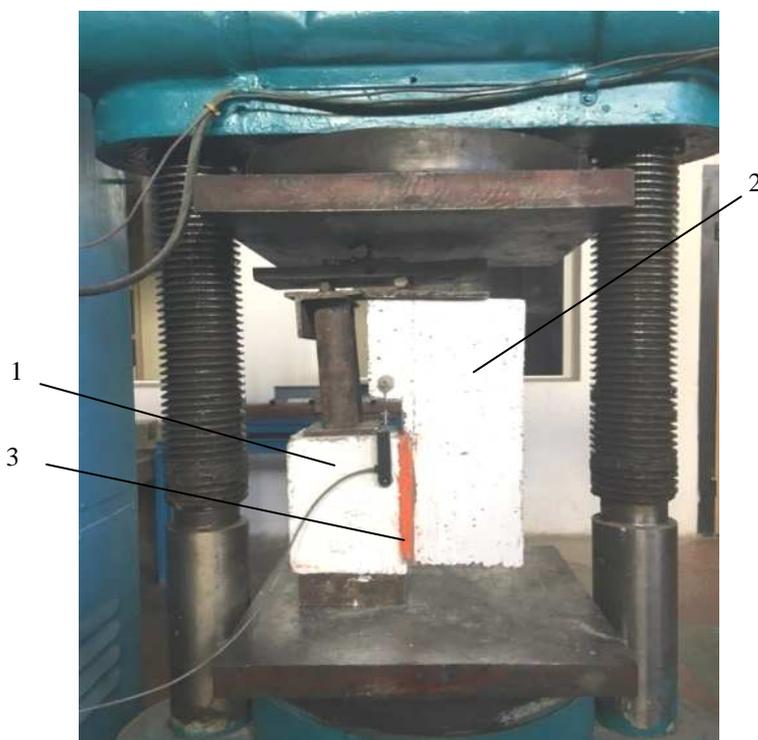
Для серии Г-1

Для серии Г-2

Для серии Г-3

Рисунок 1. – Поверхности старого бетона перед укладкой бетона намоноличивания

Испытания проводились на Г-образных составных элементах в соответствии с нормативными документами после набора прочности бетона намоноличивания в естественных условиях. Конструкции испытывались на сдвиг при помощи гидравлического пресса П-125 по общепринятому ступенчатому кратковременному режиму нагружения. Испытания образцов проводились с использованием аттестованного оборудования и поверенных средств измерения. Схема испытания принятая в эксперименте представлена на рисунке 2.



1 – сборный (старый) бетон; 2 – бетон намоноличивания; 3 – композиция

Рисунок 2. – Схема испытания составной бетонной конструкции с композицией

Все образцы разрушились одинаково, по контактному шву. Разрушение во всех случаях было резким, внезапным и заключалось в отделении одной части образца от другой по плоскости среза. Разрушение происходило по контактному шву между старым бетоном и композицией, а бетон намоноличивания и композиция работали монолитно (как единое целое). Результаты изменения прочности контактного шва представлены на рисунке 3.

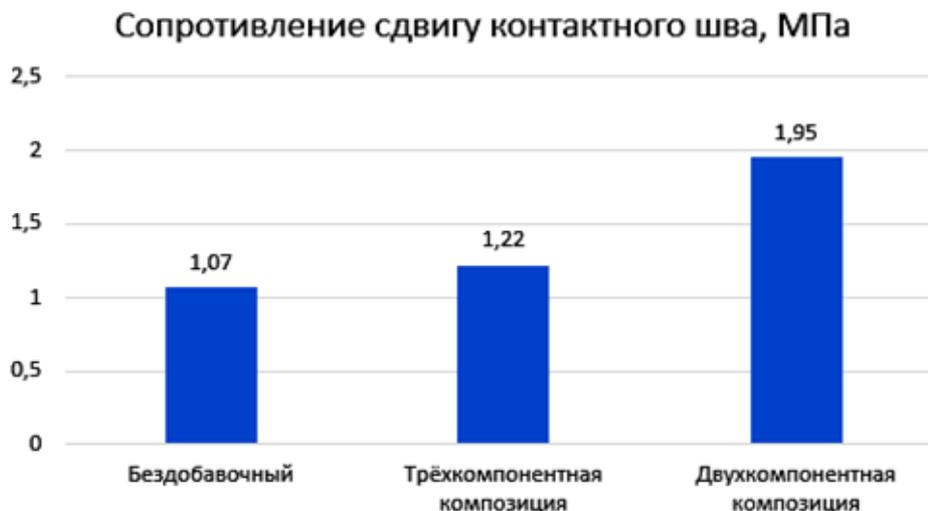


Рисунок 3. – Изменение прочности контактного шва с различными составами

Из гистограммы на рисунке 3 видно:

1. Использование композиций на основе цементных систем (Г-2 и Г-3) повышает сопротивление сдвигу контактного шва.
2. Прочность контактного шва при использовании трёхкомпонентной композиции (цементного раствора) увеличилось на 15% по сравнению с образцами без композиции.
3. Прочность контактного шва при использовании двухкомпонентной композиции увеличилось на 82% по сравнению с образцами без композиции.
4. Прочность контактного шва с использованием двухкомпонентной композиции по сравнению с трёхкомпонентной композицией больше на 60%.

На основании вышесказанного можно заключить, что применение двухкомпонентной композиции является наиболее целесообразным и может значительно улучшить сцепление бетонных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – С. 33.
2. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
3. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. № 22.
4. Хаменок, Е.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / Е.В. Хаменок. – Новополоцк, 2008.
5. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2011.
6. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ... магистра техн. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина. – Новополоцк, 2003.
7. Атрашкевич, Ю.С. Прочность контактного шва в составных конструкциях с использованием композиций на основе цементных систем : дис. ... магистра техн. наук. – Новополоцк, 2018.

УДК 624.012.3

К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ КОНТАКТНОГО ШВА В СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИЙ

Ю.С. АТРАШКЕВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)

Рассмотрены экспериментальные исследования прочности контактного шва с использованием композиций (трёхкомпонентных и двухкомпонентных) на основе цементных систем. Отмечена целесообразность применения двухкомпонентных композиций.

Совместная работа составных бетонных и железобетонных конструкций и ее надежная эксплуатация невозможна без обеспечения прочности контактного шва. Контактный шов в общем случае представляет собой соединение как минимум двух элементов, например; соединение нового бетона (намоноличивания) со «старым» бетоном, при реконструкции; сборных элементов с монолитным бетоном, при сборно-монолитном строительстве; соединение участков монолитного бетона с вновь уложенным при монолитном строительстве; при замоноличивании стыков и швов в сборном строительстве.

В последнее время на строительном рынке появилось достаточно большое количество разнообразных материалов (композиций), которые предназначены для увеличения прочности поверхности конструкции после её изготовления. Многие из этих композиций не только увеличивают прочность конструкции верхних слоёв, но и создают гидроизоляционный, морозостойкий, химически стойкий слой.

Испытания проводились на следующих сериях образцов:

Г-1: намоноличивание нового бетона на поверхность контакта производилось без использования композиции, непосредственно на предварительно подготовленную поверхность сборного бетона [2];

Г-2: перед укладкой нового бетона на предварительно подготовленную поверхность старого бетона наносилась трёхкомпонентная композиция (цементный раствор) слоем толщиной 1 см. Затем, не позднее чем через 30–60 минут после устройства прослойки, укладывался бетон намоноличивания [2];

Г-3: перед укладкой нового бетона на предварительно подготовленную поверхность старого бетона наносилась двухкомпонентная композиция толщиной до 0,5 см в 2 слоя, с перерывом в 20 мин. Затем, не позднее чем через 30–60 минут после нанесения композиции, укладывался бетон намоноличивания [2].

Технология изготовления составных конструкций всех серий была одинакова и заключалась в следующем: к старому (сборному) бетону на подготовленную поверхность контакта намоноличивался новый бетон. Опалубка устанавливалась так, что при бетонировании участков контактная поверхность находилась в вертикальном положении. Предварительно на поверхности контакта дополнительно создавалась шероховатость [2].

Также в ходе работы определялись прочностные характеристики старого бетона и бетона намоноличивания (в возрасте 28 суток) методом ударного импульса при помощи прибора ИПС-МГ4.03.

Таблица 1. – Показания прочности испытываемых образцов, полученные методом ударного импульса

Марка образца	Прочность бетона намоноличивания, МПа	Среднее значение прочности бетона намоноличивания для каждой серии образцов, МПа	Прочность старого бетона, МПа	Среднее значение прочности старого бетона для каждой серии образцов, МПа
Г-1	47,38	48,42	33,3	33,3
	49,63		32,9	
	48,25		33,7	
Г-2	29,9	29,7	28,8	35,97
	27,7		42,8	
	31,6		36,3	
Г-3	33,8	33,5	30,6	32,4
	32,3		36,9	
	34,5		29,7	

В ходе проведения испытаний одной из поставленных задач являлось определение влияния композиций (трёхкомпонентной и двухкомпонентной) на прочность сцепления бетонов составного элемента.

Разрушение всех образцов произошло хрупко, внезапно, по поверхности старого бетона и композиции, а бетон намоноличивания и композиция в составной конструкции работали монолитно. Разрушение по этому контакту не зафиксировано.

На рисунке 1 предоставлена гистограмма с результатами определения прочности контактного шва всех серий образцов.

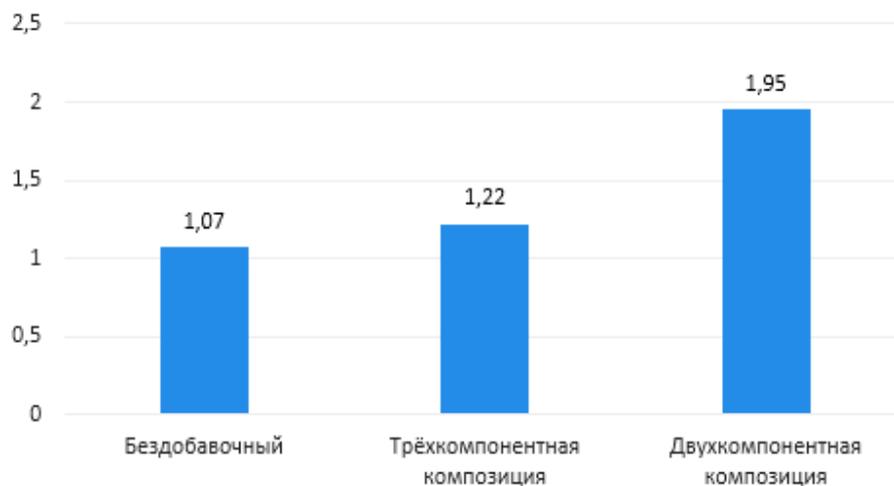


Рисунок 1. – Сопротивление сдвигу контактного шва, МПа

Для сравнения результатов экспериментальных исследований с теоретическими были выполнены расчёты по ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] на определение расчетной прочности контактного шва.

Так, расчётную прочность контактного шва определяли по формуле:

$$V_{rd} = cf_{cd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5vf_{cd}, \quad (1)$$

где c – коэффициент, зависящий от шероховатости поверхности контакта;

f_{cd} – расчетное сопротивление бетона на растяжение, МПа;

μ – коэффициент трения между напрягаемыми арматурными элементами и их каналами;

σ_n – напряжение, вызванное наименьшей внешней нормальной силой, действующей перпендикулярно контакту, которое может действовать одновременно с поперечной силой;

$\rho = \frac{A_s}{A_t}$ (A_s – площадь сечения арматуры, проходящего через контакт, включая обычную поперечную арматуру (если имеется), с достаточным анкерным креплением с обеих сторон контакта; A_t – площадь контакта);

f_{yd} – расчетное значение предела текучести арматуры;

α – в пределах от 45 до 90°;

v – понижающий коэффициент к прочности бетона.

В нашем случае, для расчета нормативного значения сопротивления срезу (сдвигу) формула будет иметь вид:

$$V_{rk} = cf_{ctk,0,05}. \quad (2)$$

Коэффициент c принимаем согласно п. 6.2.5 ТКП EN 1992-1-1-2009, варьируется в пределах от 0,015 до 0,5. Шероховатость создавалась щетками, тип поверхности отличается от очень гладкой. В нашем случае глубина шероховатости до 3 мм, поэтому применяем усредненный коэффициент $c = 0,3$.

Класс бетона рассчитывается по кубиковой прочности бетонов $f_{c,cube}^G$, которая определяется по результатам, полученным методом ударного импульса, приведенным в таблице 1.

Результаты расчетов нормативного (теоритического) сопротивления сдвигу представлены в таблице 2, а также на гистограмме (рисунок 2).

Таблица 2. – Расчёт прочности контактного шва по ТКП 1992-1-1-2009

Серия	Экспериментальная прочность контактного шва, R, МПа	Теоретическая прочность контактного шва, МПа, по ТКП	Средняя прочность старого бетона на растяжение $f_{ctk,0,05}$, МПа	Средняя прочность нового бетона на растяжение $f_{ctk,0,05}$, МПа	Условный класс бетона, принятый в расчёт C'
Г-1	1,07	0,561	1,87	2,41	C ^{26,64} / _{33,3}
Г-2	1,22	0,535	1,97	1,78	C ^{28,78} / _{29,73}
Г-3	1,95	0,561	1,89	1,87	C ^{26,83} / _{33,53}

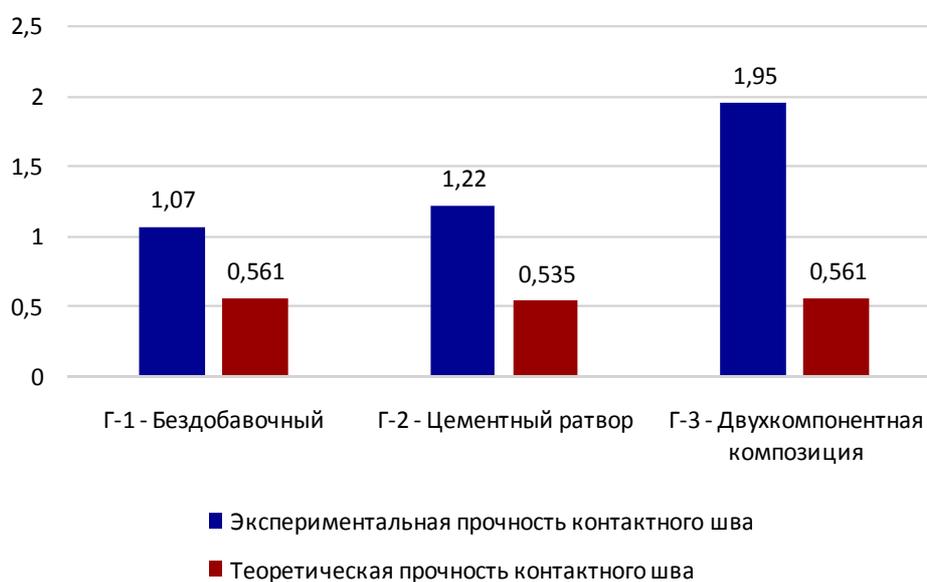


Рисунок 2. – Экспериментальная и теоретическая прочность контактного шва

Анализ полученных данных показывает, что расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями отличается более чем в два раза. В первом приближении в качестве типового решения можно применить следующее:

1) необходимо более детально проградуйровать коэффициент c для различной подготовки контактного шва;

2) при расчете нормативного сопротивления контактного шва срезу (сдвигу), в формуле $V_{rk} = c f_{ctk,0,05}$ необходимо использовать дополнительный поправочный коэффициент A , учитывающий работу составной конструкции как с композицией, так и без неё. Так, для конструкций без композиций и для трёхкомпонентной композиции рекомендуется принимать коэффициент $A = 1$; для двухкомпонентных композиций принимаем $A = 2$; $c f_{ctk,0,05}$ принимаем для наименьшего бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250). Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
2. Атрашкевич, Ю.С. Прочность контактного шва в составных конструкциях с использованием композиций на основе цементных систем : дис. ... маг. техн. наук / Ю.С. Атрашкевич. – Новополоцк, 2018.

УДК 624.012.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИКАТОРОВ В СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

И.О. ВОРОБЬЁВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)

Рассмотрены факторы, влияющие на прочность контактного шва составных конструкций. Отмечена целесообразность применения модификаторов в бетоне. Надлежащая совместная работа конструкций обеспечивается триединством материаловедческих, технологических и конструктивных факторов.

Исследованию сцепления слоев в составных бетонных и железобетонных конструкциях посвящено большое количество отечественных и зарубежных работ. В последние годы интенсивно ведутся работы по исследованию прочности контактного шва многими научно-исследовательскими, проектными и учебными заведениями Республики Беларусь: Белорусским национальным техническим университетом, Брестским государственным техническим университетом, Институтом БелНИИС, Полоцким государственным университетом и другими, в частности по СНГ – НИИЖБ, НИИСП, а также зарубежными.

На прочность контактного шва влияет огромное количество факторов, и рассматривать совместную работу можно исходя из совокупности материаловедческих, технологических и конструкторских мероприятий.

Влияние на процесс сцепления материаловедческих аспектов заключается, во-первых, в самой структуре материалов. Прежде всего, в свойствах нового бетона, и как он контактирует со старым. Определяющую роль в этом процессе играет вид вяжущего. Важнейшим свойством для вяжущего является тонкость помола. С повышением тонкости помола цемента возрастает скорость гидратации, повышается прочность цемента. Удельная поверхность портландцемента составляет в среднем 2500–3000 см²/г. Частицы, составляющие такой цемент, вступают в химическую реакцию с водой лишь на четверть своего объёма.

С целью повышения пластичности смеси с меньшим расходом воды рекомендуется использовать модифицирующие добавки. В современном строительстве широко используются на практике модифицированные бетоны. Наибольший интерес представляют супер- и гиперпластификаторы.

Благодаря введению в бетонную смесь пластифицирующих добавок, а также некоторых ускорителей твердения, можно увеличить адгезионные способности нового бетона к старому.

Модификаторов огромное количество. Типичными представителями добавок с ярко выраженными пластифицирующими свойствами являются добавки на базе отходов и побочных продуктов целлюлозно-бумажной промышленности (ССБ, СДБ, ЛСТ), суперпластификаторы (С-3, 10-03, МФАС-100П) и др. Скорость гидратации цемента в присутствии добавки зависит от химического состава добавки и от ее концентрации, а значит нельзя не принимать во внимание, что для различных районов строительства должны применяться соответствующие пластифицирующие добавки, влияние которых на прочность контактного шва нуждается в изучении.

Также наибольшее сцепление может быть достигнуто при средней подвижности ($V/C = 0,4-0,5$). При использовании литых или очень жестких смесей сцепление снижается. В других источниках оптимальное значение V/C колеблется в пределах 0,43–0,48 [1].

Технологические особенности обеспечения прочности контактного шва связаны с технологией подготовки поверхности контакта способами уплотнения, укладки, уходом за новым (намоноличивания) и старым (сборным) бетоном.

Влияние различных способов обработки поверхности на сцепление между старым и новым бетоном изучалось в работе К. Хагера и И. Неининга [6]. В данной работе поверхности были приняты 2-х видов:

- 1) необработанная, образованная строганой доской;
- 2) насеченная зубилом.

Кроме того, в обоих случаях изучалось влияние смачивания поверхности [6].

Результаты их работы приведены на гистограмме, представленной на рисунке 1.

На базе Полоцкого государственного университета на протяжении более 10 лет проводится ряд исследований влияния модификаторов на прочность контактного шва (рисунок 2), исследования проводились с бетонами модифицированными добавками СПС, суперпласт РТ, Стахемент F, Стахемент-2000М и др. [2–5; 7]. Анализ этих работ подтверждает тот факт, что введение в бетонную смесь модификаторов благоприятно сказывается на прочности контактного шва по сравнению с бездобавочными бетонами, концентрация модификатора также оказывает влияние на прочность контактного шва.

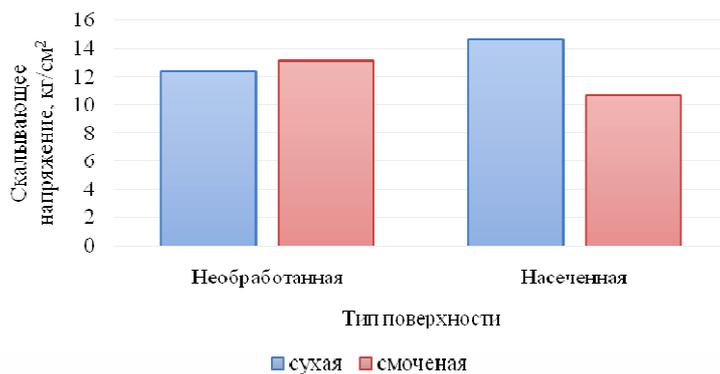


Рисунок 1. – Влияние типа обработки поверхности на величину скалывающего напряжения в опытах К. Хагера и И. Нейнинга

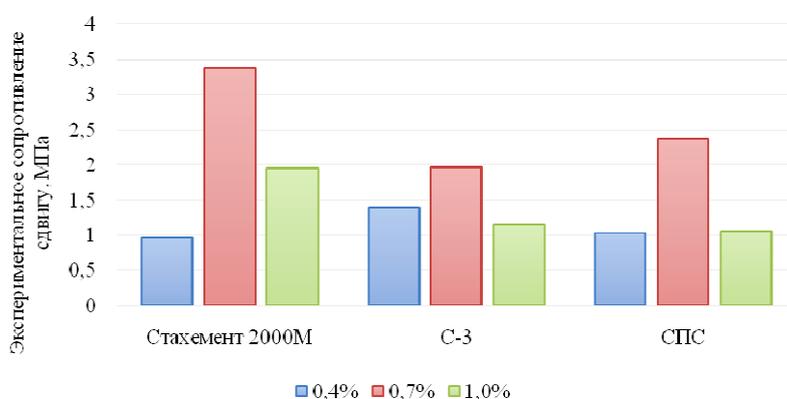


Рисунок 2. – Изменение прочности контактного шва в зависимости от количества вводимого модификатора [2; 3]

На сегодняшний день в Полоцком государственном университете проводятся исследования прочности контактного шва с использованиями гиперпластификатора Стахемент-2010 с процентным содержанием 0,5, 0,8, 1,1% от массы цемента. Выбор такого модификатора основан на широком его применении в Витебском регионе.

На основании вышеизложенного материала можно сделать следующие *выводы*:

1. К наиболее значимым факторам обеспечения прочности контактного шва можно отнести: водоцементное соотношение бетонной смеси; характеристики вяжущего (тонкость помола, вид вяжущего); фактическую площадь, созданную путем зачистки поверхности до шероховатости.

2. Применение модифицированных бетонов в составных конструкциях обеспечивает большую прочность по сравнению с обычным бетоном без модификатора. Использование определенного процента модификатора благоприятно сказывается на прочности шва конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02.
2. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ...магистра техн. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина. – Новополоцк, 2003.
3. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
4. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2011.
5. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. 22.
6. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М. : ОНТИ, 1936.
7. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – С. 33.

- четвёртая серия предназначалась для определения влияния 1,1% ввода гиперпластификатора Стахемент-2010 к массе цемента при одинаковой подвижности бетонной смеси на прочность контактного шва.

При увеличении процента ввода гиперпластификатора количество воды уменьшалось для достижения одинаковой подвижности бетонной смеси.

Технология изготовления составных конструкций всех серий была одинакова и заключалась в следующем: к старому (сборному) бетону на подготовленную поверхность контакта намоноличивался новый бетон. Опалубка устанавливалась так, что при бетонировании участков контактная поверхность находилась в вертикальном положении. Предварительно поверхность в зоне контакта зачищалась путём снятия цементной плёнки [8].

Зона контакта перед намоноличиванием увлажнялась. Бетон укладывали на влажную поверхность с послойным уплотнением штыкованием. Это связано с тем, что зачастую в условиях реконструкции, при усилении намоноличиванием невозможно использовать вибраторы из-за стеснённых условий, либо состояния конструкции. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты испытаний составных элементов

Серия	% модификатора	Площадь контакта, см	Прочность контактного шва, МПа			
			τ_1	τ_2	τ_3	τ_{cp}
Г-0	0	20×15	1,144	1,583	0,833	1,187
Г-1	0,5	20×15	1,917	1,833	1,583	1,778
Г-2	0,8	20×15	2,208	1,917	2,083	2,069
Г-3	1,1	20×15	1,667	2,438	1,542	1,882

При проведении исследований определялась прочность контактного шва, а также изучался характер разрушения опытных образцов.

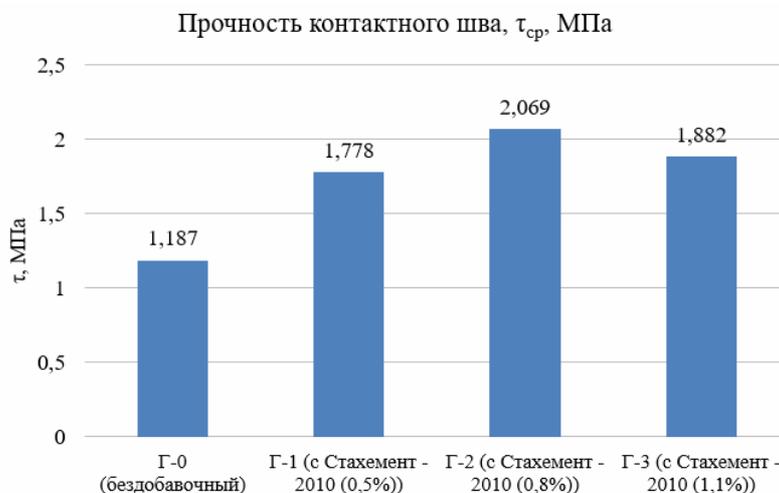


Рисунок 2. – Средняя прочность контактного шва по сериям

Из гистограммы на рисунке 2 видно:

- применение бетонов, модифицированных Стахемент-2010 (0,5%), увеличивает прочность контактного шва на 49,7% по сравнению с образцами без модификатора;
- образцы с бетоном, модифицированным Стахемент-2010 (0,8%), увеличивают прочность контактного шва на 74,3% по сравнению с образцами без модификатора;
- применение бетонов, модифицированных Стахемент-2010 (1,1%), увеличивает прочность контактного шва на 58,6% по сравнению с образцами без модификатора.

Таким образом, на основании вышесказанного можно заключить, что применение модифицированного бетона с использованием Стахемент-2010 (0,8%) является наиболее целесообразным и может значительно улучшить сцепление бетонных элементов.

УДК 624.012.3

**ПРОЧНОСТЬ КОНТАКТНОГО ШВА СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ СТАХЕМЕНТ-2010****И.О. ВОРОБЬЁВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)*

Рассмотрены теоретические и экспериментальные исследования прочности контактного шва с модифицированным бетоном. Отмечена целесообразность применения гиперпластификатора Стахемент-2010 в количестве 0,8% от массы цемента, проведён анализ по нормативным документам.

Вопрос сцепления старого бетона с новым является актуальным во всех областях строительства. Совместная работа составных бетонных, железобетонных конструкций и ее надежная эксплуатация невозможна без обеспечения прочности контактного шва. На сегодняшний день бетон производят с различными модификаторами.

При рассмотрении расчета по ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] видно, что в расчетах не учитывается возможность использования как обычных, так и модифицированных бетонов. Поэтому были проведены исследования прочности контактного шва с использованием бетона, модифицированного Стахемент-2010 в количестве 0,5%, 0,8 и 1,1% от массы цемента.

Согласно ТКП EN 1992-1-1-2009 был произведен расчет сопротивления сдвигу контактного шва [2].

Расчетная прочность контактного шва определяется по формуле:

$$V_{rd} = cf_{cd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5vf_{cd}, \quad (1)$$

где c – коэффициент, зависящий от шероховатости поверхности контакта;

f_{cd} – расчетное сопротивление бетона на растяжение, МПа;

μ – коэффициент трения между напрягаемыми арматурными элементами и их каналами;

σ_n – напряжение, вызванное наименьшей внешней нормальной силой, действующей перпендикулярно контакту, которое может действовать одновременно с поперечной силой;

$$\rho = \frac{A_s}{A_i} \quad (2)$$

(A_s – площадь сечения арматуры, проходящего через контакт, включая обычную поперечную арматуру (если имеется), с достаточным анкерным креплением с обеих сторон контакта;

A_i – площадь контакта);

f_{yd} – расчетное значение предела текучести арматуры;

α – в пределах от 45 до 90°;

v – понижающий коэффициент к прочности бетона.

В нашем случае формула для расчета нормативного значения прочности, будет иметь вид:

$$V_{rk} = cf_{ctk,0,05} \cdot \quad (3)$$

Коэффициент c принимаем, согласно п. 6.2.5 ТКП EN 1992-1-1-2009 варьируется в пределах от 0,015 до 0,5. Шероховатость создавалась щетками, тип поверхности отличается от очень гладкой.

В нашем случае глубина шероховатости до 3 мм, поэтому применяем усредненный коэффициент $c = 0,3$.

Класс бетона рассчитывается по кубиковой прочности бетонов $f_{c,cube}^G$, которая определяется по результатам, полученным методом ударного импульса, для старого бетона и по результатам испытания кубов для нового бетона.

Расчет ведется по наименьшему значению между бетоном намоноличивания и старым бетоном, приведенному в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты расчета прочности контактного шва по ТКП EN 1992-1-1-2009

Серия	Теоретическая прочность контактного шва, МПа,	Экспериментальная прочность контактного шва, МПа	Средняя прочность нового бетона $f_{c,cube}^G / f_{ctk,0.05}$, МПа	Средняя прочность старого бетона, $f_{c,cube}^G / f_{ctk,0.05}$, МПа	Условный класс бетона С'
Г-0	0,568	1,187	46,14/2,315	33,3/1,894	C ^{26,64} / _{33,3}
Г-1	0,600	1,778	44,45/2,234	37,03/2,001	C ^{29,62} / _{37,03}
Г-2	0,585	2,069	47,46/2,378	35,3/1,951	C ^{28,24} / _{35,3}
Г-3	0,567	1,882	49,53/2,477	33,2/1,891	C ^{26,56} / _{33,2}

Более наглядно табличные значения показаны на гистограмме (рисунок 1).

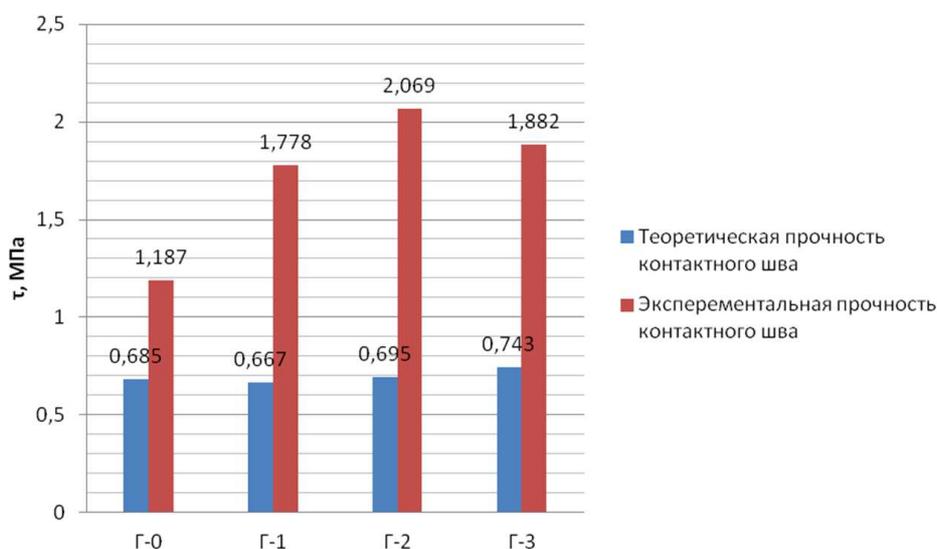


Рисунок 1. – Прочность контактного шва по ТКП EN 1992-1-1-2009

Таким образом, на основании данных таблицы 1 и гистограммы (см. рисунок 1) можно сделать следующие выводы:

1. В первом приближении в качестве типового решения в формулу

$$V_{rk} = c f_{ctk,0,05}$$

можно ввести дополнительный коэффициент B_1 :

- для бездобавочных бетонов $B_1 = 1$;
- для бетонов, модифицированных Стахемент -2010(0,5%), $B_1 = 1,5$;
- для бетонов, модифицированных Стахемент -2010(0,8%) $B_1 = 2$.

2. В формуле

$$V_{rk} = c f_{ctk,0,05}$$

необходимо скорректировать коэффициент c , что видно по расхождению экспериментальных и теоретических значений для образца Г-0, которые являются бездобавочными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250).
2. Воробьёв, И.О. Прочность контактных швов составных конструкций из модифицированного бетона : дис. ...магистра техн. наук / И.О. Воробьёв. – Новополюцк, 2018.

УДК 624.072

О ВЛИЯНИИ ПРОДОЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПАРАМЕТРЫ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХШАРНИРНОЙ АРКИ

Е.А. ХЛЕБКОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л.С. ТУРИЩЕВ)

Для двухшарнирной арки изучается влияние продольных деформаций на параметры её напряженно-деформированного состояния (НДС) в зависимости от двух параметров расчетной схемы арки, характеризующих степень пологости очертания оси арки и степень массивности тела арки. Установлена существенная зависимость параметров НДС от параметров расчетной схемы арки. Получены численные значения анализируемых величин, осуществляемых в среде MathCAD.

Широкое применение в гражданском и промышленном строительстве получили статически неопределимые арочные конструкции. Определение внутренних усилий в них обычно производится методом сил. Входящие в канонические уравнения коэффициенты и свободные члены являются перемещениями, определяются по формуле Максвелла – Мора и их величина зависит от изгибных, продольных и сдвиговых деформаций конструкции. Считается, что при расчете методом сил большинства стержневых конструкций можно ограничиваться учетом только изгибных деформаций. Но при расчете арок, как показали исследования проф. С.А. Бернштейна [1], И.А. Рабиновича [2], В.А. Киселева [3], этого недостаточно и необходим учет продольных деформаций. Однако выполненные ими исследования были проведены для частных случаев с числовыми значениями параметров расчетной схемы арки.

Исследуется влияние продольных деформаций на параметры напряженно-деформированного состояния двухшарнирной арки в общем виде (рисунок 1).

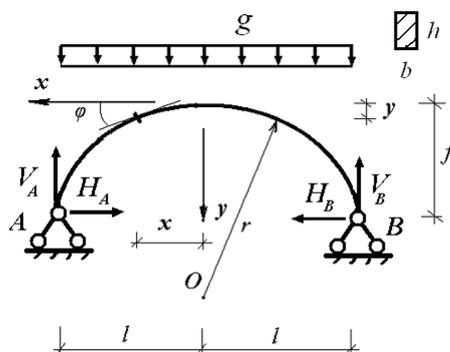


Рисунок 1. – Двухшарнирная арка

Рассматривается арка кругового очертания с постоянным по длине пролета прямоугольным поперечным сечением, нагруженная по длине всего пролета равномерно распределенной нагрузкой.

Вводятся следующие параметры геометрии арки:

$$\alpha = \frac{f}{l}, \quad \lambda = \frac{l}{h}.$$

Первый параметр характеризует степень пологости очертания оси арки, а второй – массивность тела арки или ее гибкость. С учетом введенных параметров закон очертания оси арки имеет вид:

$$y'(\xi, \alpha) = \frac{1}{\alpha \beta(\alpha)} \left(1 - \sqrt{1 - \beta^2(\alpha) \xi^2} \right),$$

где $y' = \frac{y}{f}$, $\xi = \frac{x}{l}$, $\beta(\alpha) = \frac{2\alpha}{1 + \alpha^2}$.

Расчет арки осуществляется методом сил с использованием основной системы в виде трехшарнирной арки.

Безразмерные внутренние усилия в произвольном сечении основной системы описываются следующими функциональными зависимостями от параметров геометрии арки:

- в единичном состоянии

$$\begin{aligned} m_1'(\xi, \alpha) &= 1 - y'(\xi, \alpha) \\ q_1'(\xi, \alpha) &= \beta(\alpha) \xi \\ n_1'(\xi, \alpha) &= \sqrt{1 - \beta^2(\alpha)} \xi^2 \end{aligned}$$

где $m_1' = m_1$ $q_1' = q_1 f$ $n_1' = n_1 f$;

- в грузовом состоянии

$$\begin{aligned} M_p'(\xi, \alpha) &= (1 - \xi) - \frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{1}{2}(1 - y'(\xi, \alpha)) \\ Q_p'(\xi, \alpha) &= \xi \left(\sqrt{1 - \beta^2(\alpha)} \xi^2 - \frac{1}{1 + \alpha^2} \right) \\ N_p'(\xi, \alpha) &= -\beta(\alpha) \xi^2 - \frac{1}{2\alpha} \sqrt{1 - \beta^2(\alpha)} \xi^2 \end{aligned}$$

где $M_p' = \frac{M_p}{gl^2}$ $Q_p' = \frac{Q_p}{gl}$ $N_p' = \frac{N_p}{gl}$.

Каноническое уравнение метода сил имеет вид

$$\delta_{11}(\alpha, \lambda) X_1 + \Delta_{1P}(\alpha, \lambda) = 0. \tag{1}$$

Для возможности исследования влияния продольных деформаций на параметры НДС арки в зависимости от ее параметров геометрии формуле Максвелла – Мора при определении коэффициента и свободного члена канонических уравнений придается вид:

$$\delta_{11}(\alpha, \lambda) = I_{11M}(\alpha) + \frac{1}{12\alpha^2\lambda^2} I_{11N}(\alpha), \Delta_{1P}(\alpha, \lambda) = I_{1PM}(\alpha) + \frac{1}{12\alpha^2\lambda^2} I_{1PN}(\alpha)$$

где интегралы $I_{11M}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{m_1'(\xi, \alpha)^2}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi$, $I_{1PM}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{m_1'(\xi, \alpha) M_p'(\xi, \alpha)}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi$, учитывающие влияние изгибных

деформаций, а интегралы $I_{11N}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{n_1'(\xi, \alpha)^2}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi$, $I_{1PN}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{n_1'(\xi, \alpha) N_p'(\xi, \alpha)}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi$, учитывающие влияние продольных деформаций, при определении соответственно коэффициента и свободного члена канонического уравнения (1).

Тогда основное неизвестное, которое является изгибающим моментом в замковом сечении арки, описывается следующими функциональными зависимостями от параметров ее геометрии:

- в случае неучета продольных деформаций

$$X_{1M}(\alpha) = -\frac{I_{1PM}(\alpha)}{I_{11M}(\alpha)},$$

- в случае учета продольных деформаций

$$X_1(\alpha, \lambda) = -\frac{\Delta_{1P}(\alpha, \lambda)}{\delta_{11}(\alpha, \lambda)}.$$

В свою очередь, безразмерные внутренние усилия в произвольном сечении арки описываются следующими функциональными зависимостями от параметров ее геометрии:

- в случае неучета продольных деформаций

$$\begin{aligned} M_M'(\xi, \alpha) &= M_p'(\xi, \alpha) + m_1'(\xi, \alpha) X_{1M}(\alpha) \\ Q_M'(\xi, \alpha) &= Q_p'(\xi, \alpha) + q_1'(\xi, \alpha) X_{1M}(\alpha) \\ N_M'(\xi, \alpha) &= N_p'(\xi, \alpha) + n_1'(\xi, \alpha) X_{1M}(\alpha) \end{aligned} \tag{2}$$

где $M'_M = \frac{M_M}{gl^2}$, $Q'_M = \frac{Q_M}{gl}$, $N'_M = \frac{N_M}{gl}$;

- в случае учета продольных деформаций

$$\begin{aligned} M'(\xi, \alpha, \lambda) &= M'_p(\xi, \alpha) + m'_1(\xi, \alpha) X'_1(\alpha, \lambda) \\ Q'(\xi, \alpha, \lambda) &= Q'_p(\xi, \alpha) + q'_1(\xi, \alpha) X'_1(\alpha, \lambda) \\ N'(\xi, \alpha, \lambda) &= N'_p(\xi, \alpha) + n'_1(\xi, \alpha) X'_1(\alpha, \lambda) \end{aligned} \tag{3}$$

где $M' = \frac{M}{gl^2}$, $Q' = \frac{Q}{gl}$, $N' = \frac{N}{gl}$.

Соответствующие внутренним усилиям нормальные напряжения соответственно в верхнем и нижнем волокнах произвольного сечения описываются следующими функциональными зависимостями от параметров ее геометрии арки:

- в случае неучета продольных деформаций

$$\begin{aligned} \sigma'_M(\xi, \alpha, \lambda) &= N'_M(\xi, \alpha) - \sqrt{3\lambda} M'_M(\xi, \alpha) \\ \sigma'_m(\xi, \alpha, \lambda) &= N'_M(\xi, \alpha) + \sqrt{3\lambda} M'_M(\xi, \alpha), \end{aligned} \tag{4}$$

где $\sigma'_M = \frac{\sigma_M A}{gl}$, $\sigma'_m = \frac{\sigma_m A}{gl}$;

- в случае учета продольных деформаций

$$\begin{aligned} \sigma'_o(\xi, \alpha, \lambda) &= N'(\xi, \alpha, \lambda) - \sqrt{3\lambda} M'(\xi, \alpha, \lambda) \\ \sigma'_n(\xi, \alpha, \lambda) &= N'(\xi, \alpha, \lambda) + \sqrt{3\lambda} M'(\xi, \alpha, \lambda), \end{aligned} \tag{5}$$

где $\sigma'_o = \frac{\sigma_o A}{gl}$, $\sigma'_n = \frac{\sigma_n A}{gl}$.

Полученные функциональные зависимости (2)–(5) для внутренних усилий и нормальных напряжений позволяют оценить влияние продольных деформаций на их величины в зависимости от параметров геометрии арки α и λ .

На рисунке 2 приведены эпюры внутренних усилий двухшарнирной арки.

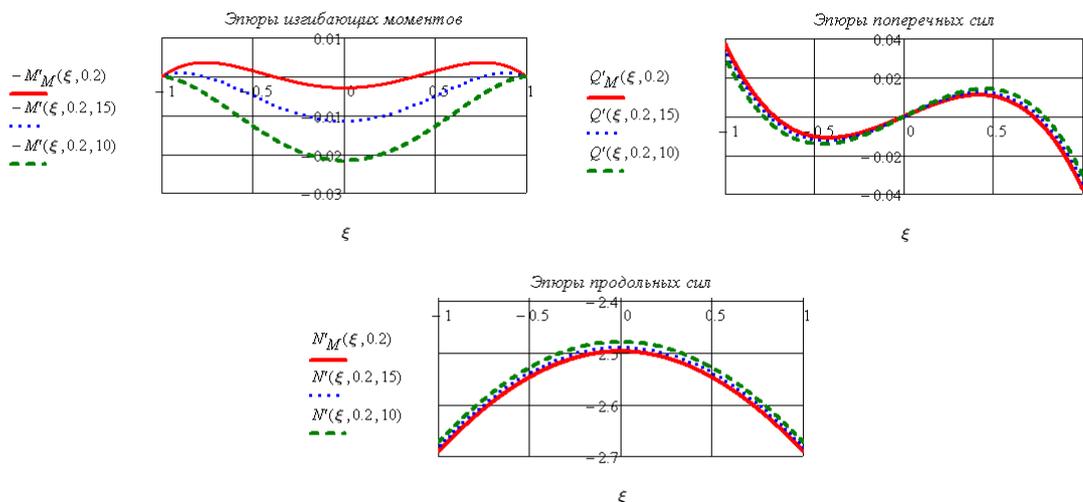


Рисунок 2. – Эпюры внутренних усилий двухшарнирной арки

Из приведенных эпюр видно, что внутренние усилия, найденные с учетом продольных деформаций, отличаются от внутренних усилий, найденных без учета таких деформаций.

Наиболее существенные изменения претерпевают изгибающие моменты. Меняются длины зон растяжения внизу и вверху тела арки. Увеличиваются модули моментов в средней части пролета и уменьша-

ются в приопорных частях пролета арки. Указанные изменения существенно зависят от параметров геометрии арки α и λ .

Из приведенных эпюр поперечных сил видно, что учет продольных деформаций приводит к уменьшению модулей поперечных сил – в опорных сечениях оно составляет чуть более 10% и уменьшается до нуля в замковом сечении. Указанные изменения несущественно зависят от параметров геометрии арки α и λ .

Из приведенных эпюр продольных сил видно, что учет продольных деформаций приводит к незначительному уменьшению модулей продольных сил, которое не превышает 1%. Указанные изменения практически не зависят от параметров геометрии арки α и λ .

На рисунке 3 приведены зависимости величин нормальных напряжений в крайних волокнах замкового сечения арки от параметра гибкости.

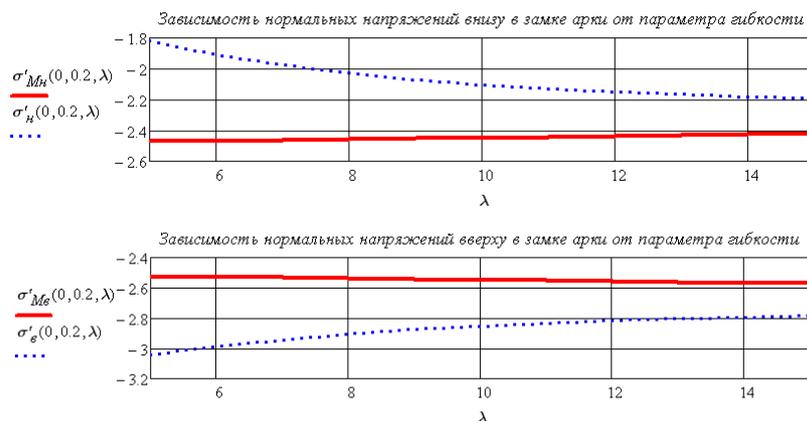


Рисунок 3. – Зависимости нормальных напряжений от параметра гибкости

Из приведенных графиков видно, что учет продольных деформаций оказывает существенное влияние на перераспределение нормальных напряжений в замковом сечении. Происходит увеличение их величины в верхних волокнах сечения более чем на 20% и уменьшение в нижних волокнах на 12%. Указанные изменения существенно зависят от параметров геометрии арки α и λ .

Таким образом, неучет влияния продольных деформаций при расчете двухшарнирной арки может приводить к ошибкам при определении параметров НДС, связанных с назначением размеров поперечных сечений арки и обеспечением ее несущей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн, С.А. Основы расчета статически неопределимых систем / С.А. Бернштейн. – М. : Стройиздат, 1936. – 223 с.
2. Рабинович, И.М. Курс строительной механики / И.М. Рабинович. – М. : Стройиздат, 1954. – Часть 2 : Статически неопределимые системы. – 543 с.
3. Киселев, В.А. Строительная механика / В.А. Киселев. – М. : Стройиздат, 1986. – 520 с.

УДК 624.072

**ВЛИЯНИЕ РАЗНОМОДУЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛА НА ПАРАМЕТРЫ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХШАРНИРНОЙ АРКИ****Е.А. ХЛЕБКОВИЧ***(Представлено канд. техн. наук, доц. Л.С. ТУРИЩЕВ)*

Изучается влияние разномодульности конструкционного материала на параметры напряженно-деформированного состояния двухшарнирной арки. Для описания зависимости между напряжениями и деформациями материала арки используется билинейная диаграмма. Получены аналитические выражения для внутренних усилий и нормальных напряжений двухшарнирной арки с учетом влияния разномодульности материала. Численная оценка влияния разномодульности конструкционного материала на параметры напряженно-деформированного состояния арки осуществляется в среде MathCAD.

В линейной теории расчета стержневых конструкций конструкционный материал, как правило, считается однородным изотропным упругим телом, поведение которого описывается модулем упругости E , одинаковым при растяжении и сжатии.

Однако, как показывают экспериментальные исследования [1; 2], модули упругости при растяжении E^+ и сжатии E^- для ряда современных конструкционных материалов существенно различаются. Более того, явление разномодульности в той или иной степени присуще практически всем традиционным конструкционным материалам.

Так, согласно [3] разномодульность установлена для многочисленных сталей и сплавов. Для них коэффициент разномодульности (E^+ / E^-) меньше единицы и изменяется в пределах от 0,75 до 0,97.

Существенно разномодульным материалом являются бетоны [4]. Так, коэффициент разномодульности тяжелых бетонов больше единицы и изменяется в пределах от 1,07 до 1,82. В то же время коэффициент разномодульности легких бетонов может быть как больше, так и меньше единицы.

Исходя из экспериментальных данных, полученных для различных материалов, разносопротивляющихся растяжению и сжатию, была построена феноменологическая теория [5], описывающая поведение разномодульного материала и предлагающая общие методы решения задач теории упругости из такого материала. Согласно этой теории диаграмма «напряжение – деформация» для материалов с разными модулями упругости при растяжении и сжатии представляется в виде билинейной диаграммы с разрывом значения угла наклона касательной в точке O (рисунок 1).

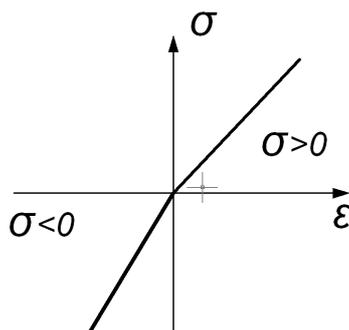


Рисунок 1. – Диаграмма «напряжение – деформация»

Разномодульность конструкционного материала в этом случае характеризуется соотношением модулей упругости

$$\mu = \frac{E^-}{E^+}.$$

В представляемой работе изучается влияние разномодульности материала на внутренние усилия и нормальные напряжения двухшарнирной арки.

Рассматривается арка кругового очертания с постоянным по длине пролета прямоугольным поперечным сечением, нагруженная по длине всего пролета равномерно распределенной нагрузкой (рисунок 2).

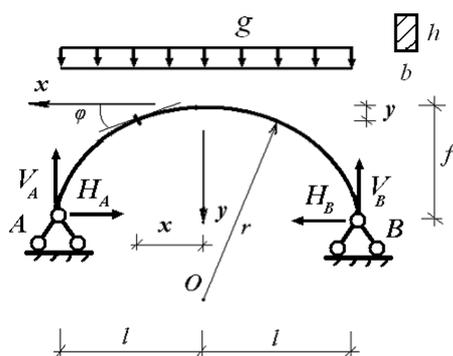


Рисунок 2. – Двухшарнирная арка

Вводятся следующие параметры геометрии арки:

$$\alpha = \frac{f}{l}, \lambda = \frac{l}{h}.$$

Первый параметр характеризует степень пологости очертания оси арки, а второй – массивность тела арки. С учетом введенных параметров закон очертания оси арки имеет вид:

$$y'(\xi, \alpha) = \frac{1}{\alpha\beta(\alpha)} \left(1 - \sqrt{1 - \beta^2(\alpha)\xi^2} \right),$$

где $y' = \frac{y}{f}, \xi = \frac{x}{l}, \beta(\alpha) = \frac{2\alpha}{1 + \alpha^2}$.

Расчет арки осуществляется методом сил с использованием основной системы в виде трехшарнирной арки. Каноническое уравнение метода сил имеет вид

$$\delta_{11}(\alpha, \lambda, \mu) X_1 + \Delta_{1p}(\alpha, \lambda, \mu) = 0. \tag{1}$$

Основным неизвестным в уравнении (1) является изгибающий момент в замковом сечении арки.

Входящие в (1) коэффициент и свободный член вычисляются по формуле Максвелла – Мора, которая для разномодульного материала в случае учета изгибных и продольных деформаций имеет вид [6]:

$$\Delta_i = \sum_k \int_l \frac{m_i M}{D} ds + \sum_k \int_l \frac{n_i N}{E^- A} ds + \sum_k \int_l \frac{n_i M}{E^+ A} ds, \tag{2}$$

где D – изгибная жесткость поперечного сечения для разномодульного материала или приведенная изгибная жесткость. Для симметричного поперечного сечения произвольной формы приведенная изгибная жесткость определяется по формуле

$$D = E^- I^- + E^+ I^+.$$

Здесь величины I^- и I^+ характеризуют моменты инерции соответственно сжатой и растянутой частей поперечного сечения относительно нейтральной оси.

Тогда формулы для вычисления коэффициента и свободного члена уравнения (1) с учетом (2) имеют вид:

- коэффициент канонического уравнения

$$\delta_{11}(\alpha, \lambda, \mu) = I_{11M}(\alpha) + \frac{\zeta(\mu)}{12\alpha^2\lambda^2} I_{11N}(\alpha),$$

где $I_{11M}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{m_1'(\xi, \alpha)^2}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi, I_{11N}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{n_1'(\xi, \alpha)^2}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi, \zeta(\mu) = \frac{(1 + \sqrt{\mu})^2}{4\mu};$

- свободный член канонического уравнения

$$\Delta_{1P}(\alpha, \lambda, \mu) = I_{1PM}(\alpha) + \frac{\mu \zeta(\mu)}{12\alpha\lambda^2} I_{1PN}(\alpha)$$

где

$$I_{1PM}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{m'_1(\xi, \alpha) M'_p(\xi, \alpha)}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi,$$

$$I_{1PN}(\alpha) = \int_{-1}^1 \frac{n'_1(\xi, \alpha) N'_p(\xi, \alpha)}{\cos(\xi, \alpha)} d\xi.$$

Внутренние усилия, связанные с вычислением коэффициента и свободного члена, в безразмерной форме имеют вид:

- в единичном состоянии

$$m'_1(\xi, \alpha) = 1 - y'(\xi, \alpha)$$

$$n'_1(\xi, \alpha) = \sqrt{1 - \beta^2(\alpha)} \xi^2,$$

где $m'_1 = m_1$ $n'_1 = n_1 f$;

- в грузовом состоянии

$$M'_p(\xi, \alpha) = (1 - \xi) - \frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{1}{2}(1 - y'(\xi, \alpha))$$

$$N'_p(\xi, \alpha) = -\beta(\alpha) \xi^2 - \frac{1}{2\alpha} \sqrt{1 - \beta^2(\alpha)} \xi^2$$

Здесь $M'_p = \frac{M_p}{gl^2}$ $N'_p = \frac{N_p}{gl}$.

С учетом формул для вычисления коэффициента и свободного члена замковый параметры НДС двухшарнирной арки в безразмерной форме описываются следующими функциональными зависимостями:

- изгибающий момент в замковом сечении арки

$$X_1(\alpha, \lambda, \mu) = -\frac{\Delta_{1P}(\alpha, \lambda, \mu)}{\delta_{11}(\alpha, \lambda, \mu)}; \quad (3)$$

- внутренние усилия в произвольном сечении арки

$$M'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) = M'_p(\xi, \alpha) + m'_1(\xi, \alpha) X_1(\alpha, \lambda, \mu)$$

$$Q'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) = Q'_p(\xi, \alpha) + q'_1(\xi, \alpha) X_1(\alpha, \lambda, \mu) \quad (4)$$

$$N'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) = N'_p(\xi, \alpha) + n'_1(\xi, \alpha) X_1(\alpha, \lambda, \mu).$$

где $M' = \frac{M}{gl^2}$ $Q' = \frac{Q}{gl}$ $N' = \frac{N}{gl}$;

- нормальные напряжения соответственно в верхнем и нижнем волокнах произвольного сечения

$$\sigma'_o(\xi, \alpha, \lambda, \mu) = N'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) - \sqrt{3\lambda} M'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) \quad (5)$$

$$\sigma'_n(\xi, \alpha, \lambda, \mu) = N'(\xi, \alpha, \lambda, \mu) + \sqrt{3\lambda} M'(\xi, \alpha, \lambda, \mu),$$

где $\sigma'_o = \frac{\sigma_o A}{gl}$ $\sigma'_n = \frac{\sigma_n A}{gl}$.

Полученные функциональные зависимости (3)–(5) позволяют оценить влияние разномодульности материала на внутренние усилия и нормальные напряжения двухшарнирной арки в зависимости от ее параметров α и λ .

На рисунке 3 приведены эпюры изгибающих моментов двухшарнирной арки.

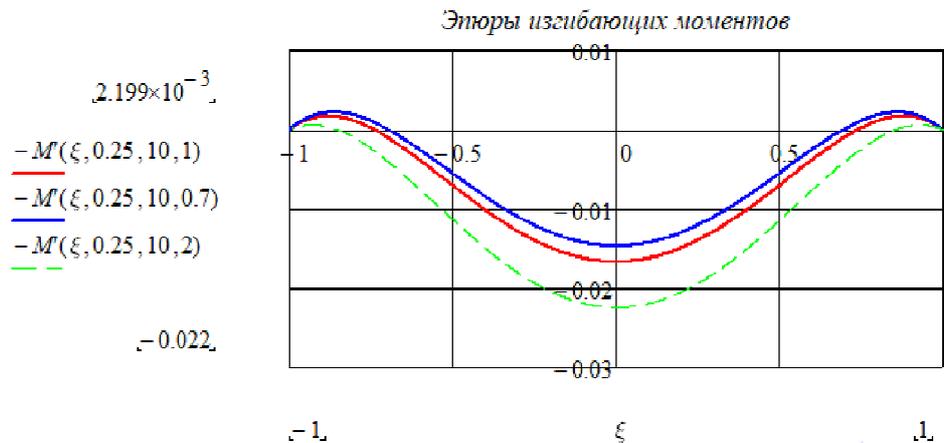


Рисунок 3. – Эпюры изгибающих моментов

Из приведенных эпюр видно, что изгибающие моменты арки, найденные с учетом разномодульности материала, отличаются от моментов, найденных без такого учета, и существенно зависят от величины коэффициента разномодульности μ :

- при значениях коэффициента разномодульности меньше единицы изгибающие моменты уменьшаются. Так, например, уменьшение момента в замке арки составляет 12%;
- при значениях коэффициента разномодульности больше единицы изгибающие моменты увеличиваются. Так, увеличение момента в замке арки составляет 34,5%.

Указанные изменения значительно зависят от параметров геометрии арки α и λ .

На рисунке 4 приведены зависимости величин нормальных напряжений в крайних волокнах замкового сечения арки от параметра гибкости с учетом разномодульности материала.

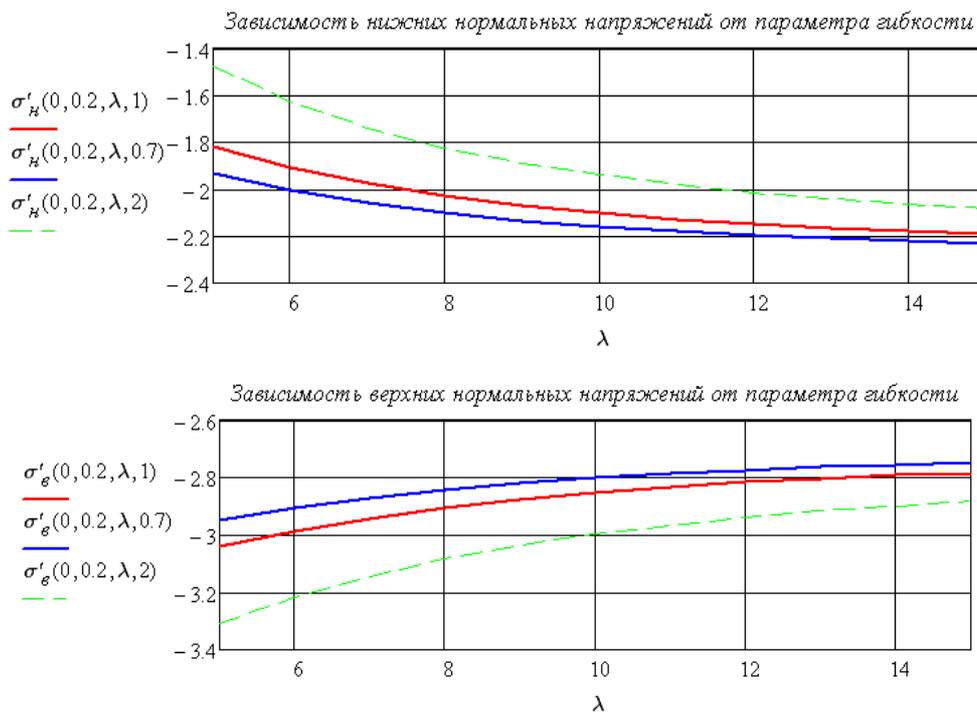


Рисунок 4. – Зависимости нормальных напряжений от параметра гибкости с учетом разномодульности материала

Из приведенных графиков видно, что учет разномодульности материала оказывает заметное влияние на перераспределение нормальных напряжений в замковом сечении.

При значениях коэффициента разномодульности меньше единицы модуль нормальных напряжений увеличивается в нижних волокнах и уменьшается в верхних волокнах.

При значениях коэффициента разномодульности больше единицы, наоборот, модуль нормальных напряжений уменьшается в нижних волокнах и увеличивается в верхних волокнах. Указанные изменения могут составлять более 10%.

Таким образом, неучет влияния разномодульности материала при расчете двухшарнирной арки может приводить к ошибкам при определении параметров НДС, связанных с назначением размеров поперечных сечений арки и обеспечением ее несущей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земляков, И.П. О различии модулей упругости полиамидов при различных видах деформации / И.П. Земляков // Механика полимеров. – 1965. – № 4.
2. Гольдман, А.Я. Исследование механических свойств тканевых стеклопластиков при растяжении и сжатии нормально к плоскости армирования / А.Я. Гольдман, Н.Ф. Савельева, В.И. Смирнова // Механика полимеров. – 1968. – № 5.
3. Иванов, Г.П. Исследование несовершенной упругости металлов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г.П. Иванов. – Минск, 1973.
4. Авхимков, А.П. Об уравнениях обобщенного закона упругости материалов, разнсопротивляющихся растяжению и сжатию и некоторых их приложениях : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.П. Авхимков. – М., 1975.
5. Амбарцумян, С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М. : Наука, 1982.
6. Турищев, Л.С. К расчету стержневых конструкций с учетом влияния разномодульности материала / Л.С. Турищев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2011. – № 11.

УДК 539.374

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПО ТРАЕКТОРИЯМ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Е.В. БОБКОВА, В.А. КУНЕВИЧ
(Представлено: доц. А.Г. ЩЕРБО)

Приведены результаты исследований упругопластического деформирования по траекториям нагружения с множественными изломами. Исследована зависимость напряжений и деформаций от параметров траектории. Классифицированы траектории, в результате чего выделен класс траекторий, расчёт которых возможен по траекториям простого нагружения.

Напряжённое состояние в точках элементов конструкций, воспринимающих внешние воздействия, нередко оказывается таким, что напряжения превышают предел пропорциональности. Достигается такое состояние по траекториям различной геометрии, и нередко история процесса упругопластического деформирования оказывает существенное влияние на результат. Указанные причины определяют актуальность процессов упругопластического деформирования по траекториям сложного нагружения [1], так как для решения ряда прикладных задач становится весьма важной возможность расчёта с использованием теорий простого нагружения.

Цель настоящей работы – исследование процессов упругопластического деформирования по траекториям полигональной геометрии с несколькими точками излома. Нагружение осуществлялось на установке, выполненной по типу «мертвой нагрузки» [2], которая позволяет создавать в образцах плоское напряжённое состояние путем их растяжения и кручения. Образцы – цельнотянутые трубки из стали марки 1Х18Н10Т. Наружный диаметр 12 мм, толщина стенки 0,4 мм, рабочая длина образца 160–170 мм, наружная поверхность образцов подвергнута шлифованию.

В работе рассмотрены шесть траекторий нагружения, одна из которых представлена на рисунке 1.

Здесь A – амплитуда траектории, H – параметр сложности. Параметр сложности траектории определяется углом излома траектории нагружения α . Излом траекторий 1–3 происходит в нулевой точке, излом траекторий 4–6 происходит после предварительного нагружения за предел текучести.

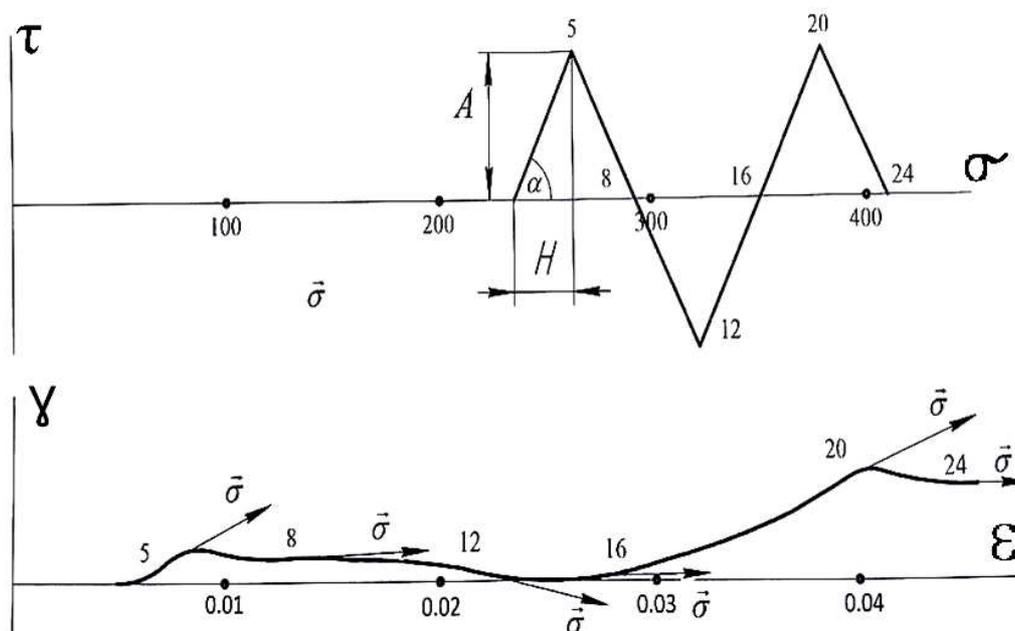


Рисунок 1. – Траектория нагружения

Проведем сравнительный анализ упругопластического деформирования траекторий программы исследований.

Траектории 1 и 3 имеют одинаковый параметр сложности и амплитуды, различающиеся более чем в 3 раза. Полупериод траектории 1 составляет 210 МПа, а траектории 3–620 МПа. На начальных этапах нагружения траектория деформирования в том и другом случаях «следует» за траекторией нагружения,

т.е. векторы напряжения σ' , построенные в соответствующих точках траектории деформации, совпадают с касательными к этой траектории. Искажение начального образа процесса происходит за пределом текучести в обоих случаях. Причем, если точки траектории деформирования 1, пусть и с некоторым запаздыванием, отвечают точкам излома траектории нагружения, то для траектории 3 такое соответствие наблюдается на более низких в сравнении с траекторией 1 уровнях напряжений. Сравнивая процессы 1 и 3, можно сделать заключение: с уменьшением амплитуды A запаздывание векторных свойств [3] не исчерпывается на прямолинейных участках траекторий. Сравнение скалярных свойств [4] процессов 1 и 3 позволяет сделать вывод о том, что с ростом амплитуды A скалярные свойства незначительно отличаются от диаграммы простого нагружения для обеих траекторий.

Сравним траектории 2 и 4. Эти траектории отличаются от 1 и 3 тем, что составляющие вектора напряжения, перпендикулярные оси нагружения, изменяют знак. Векторы напряжений, построенные в узловых точках соответствующих траекторий деформирования, совпадают с касательными, тогда как в промежуточных точках такого совпадения нет. Это обстоятельство указывает на то, что след запаздывания [4] векторных свойств исчерпывается на каждом прямолинейном участке траектории. Причем скорость исчерпания следа запаздывания векторных свойств возрастает с ростом параметра сложности траектории нагружения. Данное наблюдение хорошо согласуется с выводами, сделанными в работах [4; 5], где указано, что след запаздывания векторных свойств уменьшается с ростом угла излома траектории.

Траектории 2 и 4 различаются между собой по параметру сложности и по амплитуде, но скалярные свойства этих процессов имеют тенденцию, что и в случаях 1 и 3: с ростом амплитуды скалярные кривые траекторий 2 и 4 больше отличаются от кривой простого нагружения, хотя здесь это различие невелико и носит скорее принципиальный характер. Подтверждением данного замечания служит сравнение скалярных свойств траекторий 2 и 5, имеющих примерно одинаковый параметр сложности и разные амплитуды. Сравнение по указанным ранее признакам траекторий 4 и 5, имеющих одинаковую амплитуду и различные параметры сложности, подтверждает сделанные выше выводы как взаимоотношения векторных, так искаженных свойств.

Исследуя влияние параметра сложности траектории нагружения, сравним траектории 5 и 6. Эти траектории почти идентичны по параметрам начального нагружения, идентичны по амплитуде и резко отличаются параметром сложности. Различие векторных свойств весьма незначительно, т.е. след запаздывания векторных свойств исчерпывается на прямолинейных участках до точек излома. Интересно отметить, что длины прямолинейных участков траектории 6 короче тех же отрезков траектории 5, и все же след запаздывания векторных свойств исчерпывается в обоих случаях.

Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением параметра сложности вблизи точек излома наблюдается частичная разгрузка. Такое согласование сделанных здесь выводов и результатов работы [4] представляется неслучайным, тем более что работа [4] выполнена по результатам испытаний образцов из той же стали, что и в настоящей работе.

Сравнительный анализ рассматриваемых траекторий позволяет сделать следующие *выводы*.

Для некоторых из данных траекторий, относящихся к классу траекторий сложного нагружения, возможно построение образа процесса по теориям нагружения простого. Наибольшие погрешности при этом не превышают 10–12%, а отличие по деформациям достигает 20% на некоторых участках, расположенных вблизи точек излома. С некоторой осторожностью к приведенной выше рекомендации следует относиться в случае траекторий с большими параметрами сложности, так как на некоторых участках траекторий возникает частичная разгрузка, что приводит к отклонению скалярных свойств в большей степени, чем указано выше.

Изменение амплитуды нагружения, хотя и сказывается на отклонениях скалярных свойств, но в меньшей степени, чем изменение параметра сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильюшин, А.А. Пластичность / А.А. Ильюшин. – М., 1963.
2. Родионов, В.К. Экспериментальное исследование некоторых закономерностей пластического деформирования стали / В.К. Родионов, О.А. Шишмарев, А.Г. Щербо // Прикладные проблемы прочности и пластичности. – Горький, 1982.
3. Шишмарев, О.А. Исследование некоторых сложных процессов нагружения стали с разгрузками / О.А. Шишмарев, А.Г. Щербо // Прикладная механика. – 1982. – № 3.
4. Шишмарев, О.А. Образ процесса нагружения для двухзвенных ломаных траекторий деформации с углом излома более 90° / О.А. Шишмарев, А.Г. Щербо // Изв. АН СССР. Серия «Механика твердого тела». – 1982. – № 5.
5. Щербо, А.Г. Экспериментальная проверка постулата изотропии для траекторий нагружения с разгрузками / А.Г. Щербо // Прикладная механика. – 1990. – № 1.

УДК 539.374

**ПРОЦЕСС ЗАПАЗДЫВАНИЯ
ПРИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ****Е.В. БОБКОВА, В.А. КУНЕВИЧ**
(Представлено: доц. А.Г. ЩЕРБО)

Рассмотрены результаты экспериментального исследования одного из основных положений теории упругопластических процессов – явления запаздывания векторных и скалярных свойств при сложном нагружении – на примере двухзвенных траекторий при одинаковой длине начального звена и различных углах излома.

Некоторые элементы современных конструкций, находящихся под воздействием внешних нагрузок, работают в условиях, когда возникающие в них напряжения превышают предел текучести материала, и в конструкции возникают упругопластические деформации. Существует также ряд технологических процессов, использующих пластическое деформирование как метод образования различных конструктивных форм. Для оценки прочностного состояния конструкции, определения условий ее нормальной эксплуатации или определения режима технологического процесса необходимо определить напряженно-деформированное состояние, т.е. использовать зависимости между напряжениями и деформациями, возникающими в процессе деформирования.

К настоящему времени определилось несколько основных направлений развития теории пластичности. Наиболее разработанной в настоящее время является теория упругопластических процессов. Для описания упругопластических процессов простого нагружения построены и обоснованы соотношения теории малых упругопластических деформаций, достоверно описывающих физические закономерности, проявляющиеся при простом и сложном нагружении. В результате исследования процессов сложного нагружения, была создана общая математическая теория пластичности [1], в основе которой лежит постулат изотропии и принцип запаздывания. Согласно принципу запаздывания, ориентация вектора напряжения в какой-либо точке произвольной траектории деформации определяется не всей историей нагружения, а внутренней геометрией отрезка траектории деформации, предшествующего данной точке. Этот отрезок называется следом запаздывания [1].

Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование принципа запаздывания при сложных путях деформирования в условиях плоского напряженного состояния, создававшегося путем растяжения и закручивания трубчатых образцов стали. Испытания проводились на специальной установке, где усилия создавались непосредственным нагружением гириями точного веса, а деформации определялись зеркальными тензодатчиками Мартенса. Образцы – цельнотянутые трубки стали 10 с наружным диаметром $d = 10$ мм и толщиной стенки $\sigma = 0,6$ мм, испытывались после рекристаллизационного отжига, имевшего целью снять начальную анизотропию. Дополнительные эксперименты по проверке начальной изотропии показали, что полностью снять анизотропию, полученную материалом при изготовлении цельнотянутых труб, не удалось, поэтому при определении следа запаздывания векторных свойств вносились поправки, учитывающие эту аномалию.

Методика испытаний состояла в следующем. Во всех образцах путем их закручивания создавалась одинаковая начальная деформация. Затем, после часовой выдержки под нагрузкой, осуществлялись под различными углами к первоначальным путям деформирования вторичные лучи траектории деформаций. Углы между направлением первоначальной деформации и вторичными путями составили примерно 95, 100, 125, 140, 155 и 180° (рисунок 1).

В различных точках каждого такого пути строились векторы напряжений, по отклонению которых от касательных к траекториям деформаций делались выводы об исчерпании следа запаздывания векторных свойств.

Анализ результатов показал, что для траекторий деформации с углами излома $a > 90^\circ$ короче, чем для траекторий, у которых $a < 90^\circ$ [2].

Для исследования принципа запаздывания скалярных свойств были использованы результаты, полученные при осуществлении указанного вектора траекторий; для всех траекторий были построены графики зависимости «напряжение – деформация». Сравнение этих графиков с графиком при простом нагружении позволяет сделать выводы о наличии запаздывания скалярных свойств и определить длину следа запаздывания.

После точки излома значение напряжения резко уменьшалось и глубина «провала» возрастала с ростом угла излома траектории. При углах излома траектории больше 145° кривая «напряжение – деформация» не выходила на кривую простого нагружения.

Определено, что длина следа запаздывания скалярных свойств зависит от угла излома траектории, увеличиваясь с ростом этого угла. Количественно установить эту зависимость не удалось, возможно, по причине некоторой начальной анизотропии образцов.

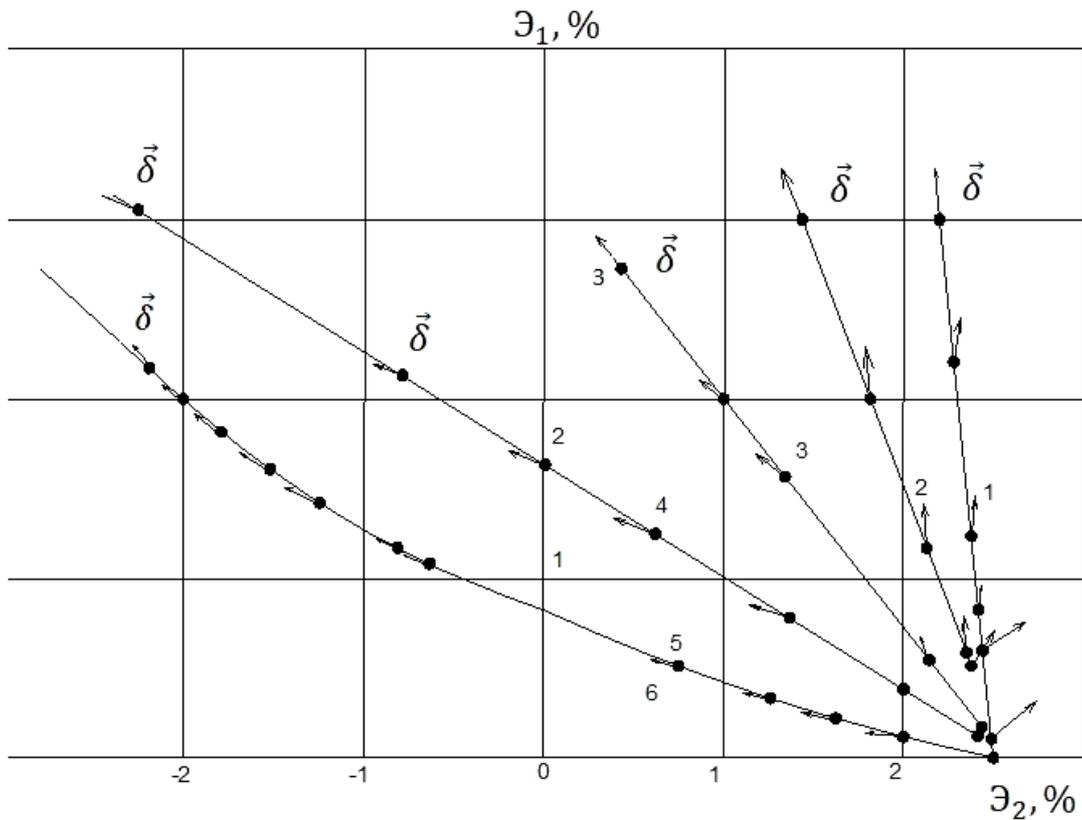


Рисунок 1. – Углы между направлением первоначальной деформации и вторичными путями

Таким образом, явление запаздывания обнаруживается и на траекториях с разгрузками, что свидетельствует о закономерности этого явления, присущей деформированию при сложном нагружении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильюшин, А.А. Пластичность / А.А. Ильюшин. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 272 с.
2. Ленский, В.С. Экспериментальная проверка основных постулатов общей теории упругопластических деформаций / В.С. Ленский // Вопросы теории пластичности. – М., 1961. – С. 58–82.
3. Шишмарев, О.А. Экспериментальная проверка законов изотропии и запаздывания и граница текучести при сложном нагружении / О.А. Шишмарев // II Всесоюз. съезд по теорет. и прикл. механике : аннот. докл. – М., 1964. – 234 с.

УДК624.012.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСЛОЕК В СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

А.А. СЕМЁНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЁВА)

Рассмотрены факторы, влияющие на прочность контактного шва составных конструкций. Отмечена целесообразность применения прослоек на основе модифицированных цементных систем. Показано, что надлежащая совместная работа конструкций обеспечивается триединством материало-ведческих, технологических и конструкторских факторов.

Обеспечение совместной работы слоев бетона и железобетона в составных конструкциях – важный вопрос не только в сборно-монолитном и монолитном строительстве, но и при реконструкции, техническом перевооружении зданий и сооружений. Совместная работа слоев железобетонной составной конструкции обеспечивается прочностью сцепления, которая осуществляется на основе единства материало-ведческих, технологических и конструкторских мероприятий.

К материало-ведческим аспектам относятся вид вяжущего, состав бетонной смеси и применение различного рода модификаторов, а также использование различных пропиток и грунтовок.

Технологические аспекты в основном сводятся к формуемости бетонной смеси, увлажнению поверхности старого бетона, способам подготовки поверхности, а также мероприятиям по уходу за бетоном.

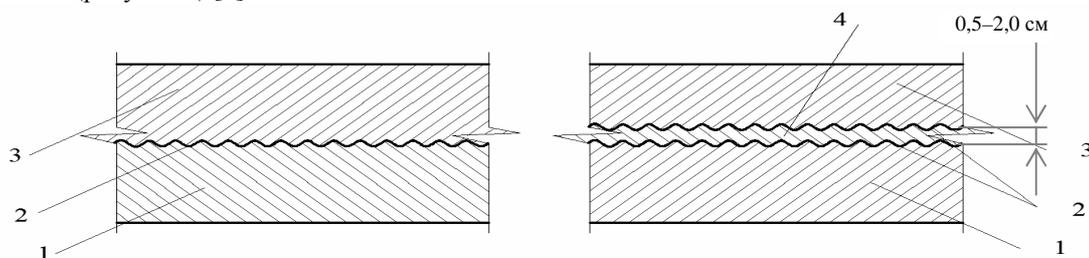
Конструктивные аспекты сводятся к увеличению фактической площади контактного шва, что можно достичь путем устройства отверстий и пазов, анкерных выступов и змеек или за счет устройства шпонок различной формы, это учитывается в расчетах конструкций путем ввода коэффициента для различных видов поверхности согласно [1].

В последнее время модифицированные бетоны широко используются в новом строительстве, при реконструкции и техническом перевооружении, так как они позволяют не только сократить энергоемкость и расход цемента, но и снизить трудоемкость укладки бетонной смеси за счет частичного или полного исключения операций по ее уплотнению. Это в первую очередь связано с ведением работ в стесненных условиях. Применение модификаторов позволяет повысить качество бетонных работ [2].

Использование модификаторов в бетон для улучшения сцепления и увеличения прочности соединения старого и нового бетонов – это установленный факт, который имеет достаточно большой и убедительный материал в области исследований [2–9]. Что касается использования прослоек и грунтовок, то этот вопрос не получил достаточно полного освещения. На сегодняшний день имеется большое количество модифицированных добавок, все они доступны в широком масштабе, способствуют уменьшению энерго- и трудозатрат. Для больших объемов работ применение модифицирующих добавок может оказаться весьма затратным и нецелесообразным, так как стоимость модифицированных бетонов выше стоимости обычных бетонов.

Прослойки выделяются следующими характерными чертами: во-первых, они создают своего рода буферную зону между старым и новым бетоном, могут решить вопросы уменьшения усадки, во-вторых, количество модификатора в прослойке может быть меньше, чем в конструкции, а следовательно получаем существенную экономию.

Следует отметить, что в обычных составных конструкциях имеется один контактный шов, в то время как при устройстве прослоек необходимо обеспечить прочность сцепления двух контактных швов: первый контактный шов между прослойкой и старым бетоном; второй – между прослойкой и новым бетоном (рисунок 1) [3].



1 – старый бетон; 2 – контактный шов; 3 – бетон намоноличивания; 4 – прослойка

Рисунок 1. – Наличие одного и нескольких контактных швов в конструкции с прослойкой и без прослойки

Достаточно много исследований по контактному швам и сцеплению старого бетона с новым проводилось как в Республике Беларусь, так и за рубежом [2–9].

Известны исследования с нанесением на поверхность старого бетона цементного раствора, цементного теста и посыпки цементом. По результатам работ К. Хагера и И. Неининга [10] присыпка цементом по смоченной поверхности снизила прочность сцепления, в то время как нанесение на поверхность цементного раствора резко повысило сопротивление сцепления.

По результатам, полученным в работе К. Хагера, построен график (рисунок 1), иллюстрирующий изменение скальвающего напряжения в зависимости от вида поверхности сцепления.

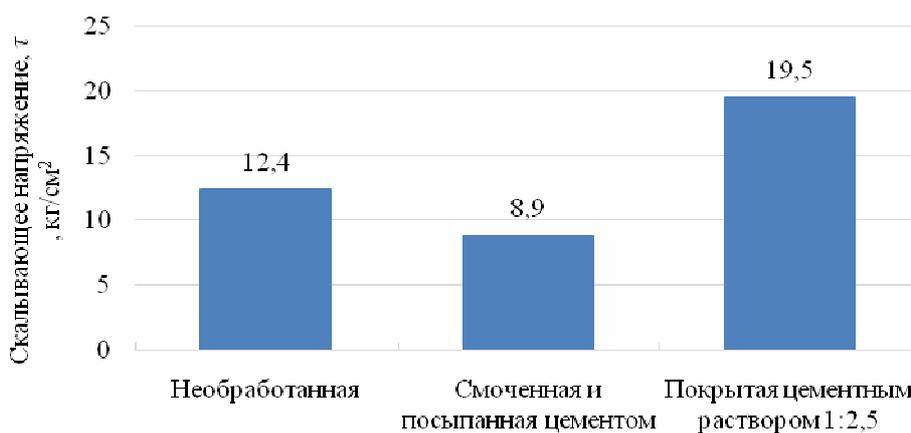


Рисунок 1. – Изменение скальвающего напряжения в зависимости от вида поверхности сцепления

На базе Полоцкого государственного университета было проведено исследование по изучению влияния модифицирующей добавки Стахемент 2000М в прослойке и ее концентрации [3].

Изменение прочностных характеристик прослойки с различной концентрацией гиперпластификатора показано на рисунке 2.

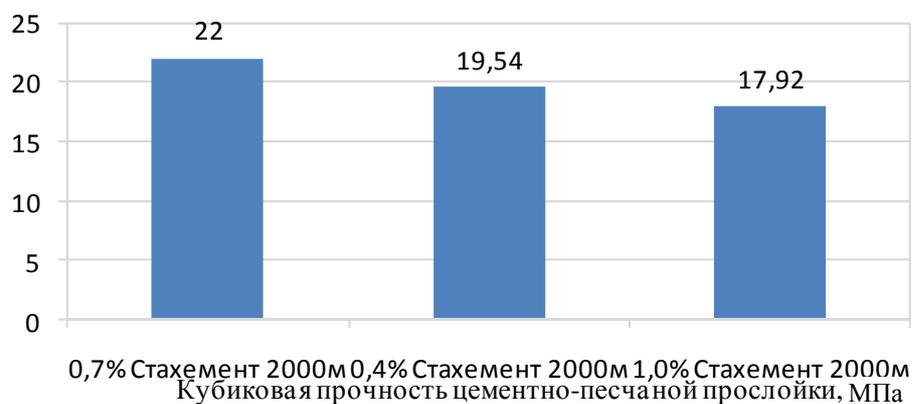


Рисунок 2. – Изменение прочностных характеристик цементно-песчаной прослойки в зависимости от количества вводимой добавки

Как видно из работы [3], применение прослоек на основе модифицированных цементных систем увеличивает прочность контактного шва почти до 40% в зависимости от концентрации добавки. Влияние различной концентрации модификатора на прочность контактного шва показана на рисунке 3.

В Полоцком государственном университете проводятся исследования прочности контактного шва с использованием прослоек следующего состава: цемент; песок; вода; доломитовая мука; добавка $Al_2(SO_4)_3$.

Такой состав выбран в связи с тем, что доломитовая мука заменяет часть цемента и тем самым экономит его, а $Al_2(SO_4)_3$, в свою очередь, приводит к увеличению прочности прослойки.

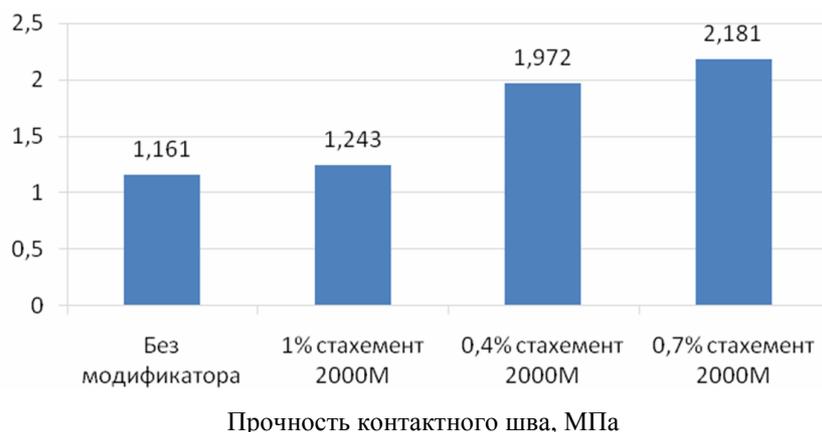
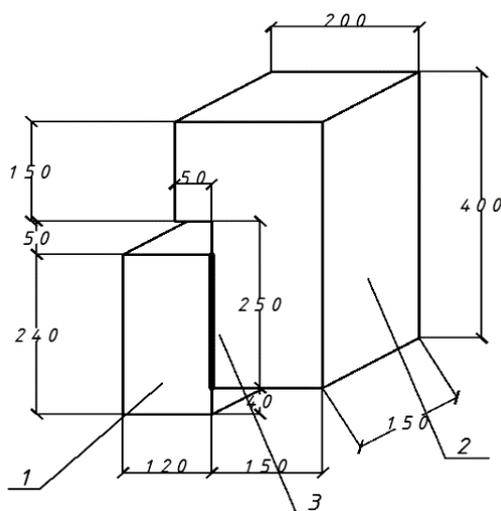


Рисунок 3. – Влияние гиперпластификатора Стахемент 2000М на прочность контактного шва

Для проведения исследования прочности контактного шва с использованием прослоек подготовлена испытательная установка и выбрана схема испытаний.

Схема составной конструкции с прослойкой представлена на рисунке 4.



1 – старый бетон; 2 – бетон намоноличивания (новый бетон); 3 – прослойка

Рисунок 4. – Схема составной конструкции с прослойкой

На основании вышеизложенного материала можно сделать следующие *выводы*:

- исследование контактных швов в составных конструкциях остается актуальным и до конца не изученным;
- прочность контактного шва зависит от различных факторов, основные из которых: условия укладки нового бетона, методы уплотнения, уход за свежесуложенным бетоном, обработка сопрягаемой поверхности старого бетона, состав бетонной смеси и др.;
- применение прослоек предоставляет возможность экономии трудовых и энергоресурсов;
- прослойки положительно влияют на прочность контактного шва, так как уменьшают усадку;
- необходимо разрабатывать новые составы прослоек, в том числе с использованием доломитовой муки и других компонентов;

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02.

2. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ... магистра техн. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина. – Новополоцк, 2003.
3. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
4. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2011.
5. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве / Е.В. Хаменок // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. № 22.
6. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – 33 с.
7. Pedro M. D. Santos, Eduardo N.B.S. Júlio. Factors affecting bond between new and old concrete / Pedro M. D. Santos, Eduardo N.B.S. Júlio // Article in Aci Materials Journal. July 2011.
8. Hak-Chul Shin, Zhifu Wan. Interfacial properties between new and old concretes. Department of Civil and Environmental Engineering, 3507 Patrick Taylor Hall, Louisiana State University.
9. Pedro M. D. Santos, Eduardo N.B.S. Júlio, Victor D. Silva. Correlation between concrete-to-concrete bond strength and the roughness of substrate surface / Pedro M. D. Santos, Eduardo N.B.S. Júlio, Victor D. Silva. Department of Civil Engineering, Polytechnic Institute of Castelo Branco; Department of Civil Engineering, University of Coimbra, Portugal. – 2006.
10. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М. : ОНТИ, 1936.

УДК 624.012.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ СДВИГУ
КОНТАКТНОГО ШВА С ПРОСЛОЙКАМИ ИЗ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ
БЕЗ МОДИФИКАТОРА И С ГИПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ СТАХЕМЕНТ-2010****А.А. СЕМЁНОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА)*

Представлены результаты экспериментальных исследований сопротивления сдвигу контактного шва с прослойками из цементных систем с модификатором и без. Отмечена целесообразность применения прослоек на основе модифицированных цементных систем.

Вопрос сцепления старого бетона с новым является актуальным во всех областях строительства. Обеспечение совместной работы слоев бетона и железобетона в составных конструкциях является важным вопросом не только в сборно-монолитном и монолитном строительстве, но и при реконструкции, техническом перевооружении зданий и сооружений, а также при устройстве стыков и швов сборных железобетонных конструкций.

На базе Полоцкого государственного университета на протяжении более 10 лет проводится ряд исследований влияния модификаторов на прочность контактного шва. Исследования проводились с бетонами, модифицированными добавками СПС, Суперпласт РТ, Стахемент F, Стахемент-2000М и др. [1–6]. Анализ этих работ подтверждает тот факт, что введение в бетонную смесь модификаторов в определенном количестве благоприятно сказывается на прочности контактного шва по сравнению с бездобавочными бетонами; концентрация модификатора также оказывает влияние на прочность контактного шва.

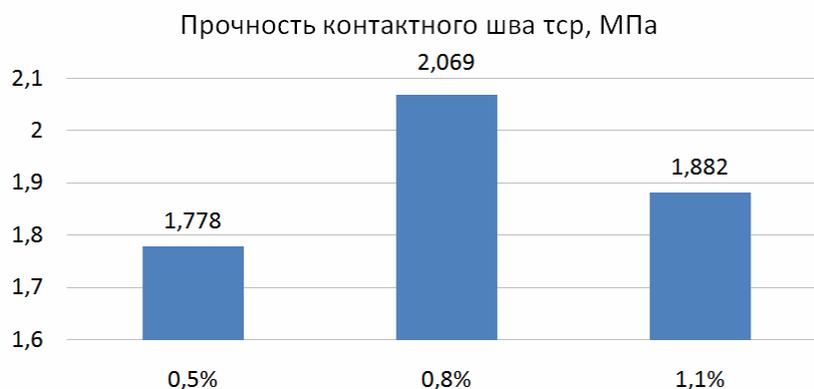
На сегодняшний день в строительстве применяется большое количество композиций, а именно: прослойки, пропитки, растворные смеси, клеи и т.д., которые улучшают поверхностные прочностные характеристики конструкции, увеличивают гидроизоляцию этих поверхностей, морозостойкость и т.д. Однако не ясно, как они могут влиять на прочность контактного шва.

Для определения влияния прослоек на основе цементных систем были проведены экспериментальные исследования. Для экспериментальных исследований использовались конструкции, состоящие из старого бетона, нового бетона и прослойки между ними. Были изготовлены три серии образцов:

- Г-0 – состоящая из старого и нового бетона без прослойки;
- Г-1 – состоящая из старого и нового бетона с обычной цементно-песчаной прослойкой без модификатора;
- Г-2 – состоящая из старого и нового бетона с прослойкой, модифицированной Стахемент-2010 (0,8%).

Концентрация модификатора в прослойке была принята 0,8%, как наилучшая, исходя из результатов средней прочности контактного шва $\tau_{ср}$ для трех концентраций модификатора: 0,5%; 0,8 и 1,1% (рисунок 1).

Характеристики применяемой добавки представлены в таблице 1.



**Рисунок 1. – Изменение прочности контактного шва
в зависимости от концентрации модификатора Стахемент-2010**

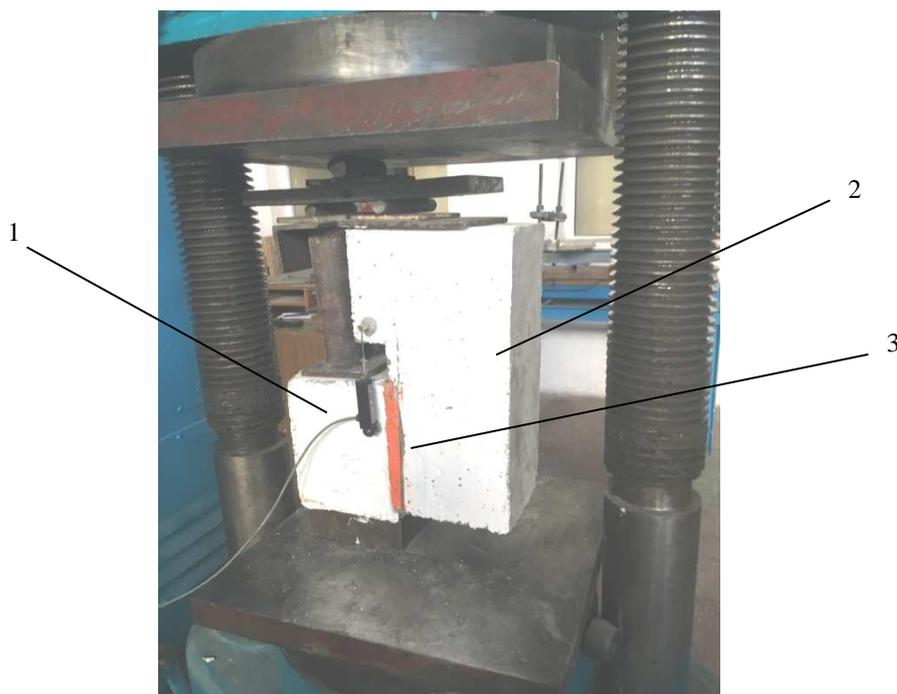
Таблица 1. – Характеристики применяемой добавки Стахемент-2010

Наименование показателей	Значения показателей для добавки в форме раствора
Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета
Плотность при 20°C, г/см ³ не менее	1,075± 0,03
Массовая доля сухих веществ, % не менее	30
Показатель активности водородных ионов (рН), 2,5% водного раствора	6
Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более	Добавка не содержит хлористых солей, нитритов и нитратов
Повышение марки бетонной смеси по удобоукладываемости без снижения прочности во все сроки	от П1 до П5

Испытания проводились на Г-образных составных элементах в соответствии с нормативными документами после набора прочности бетона намоноличивания в естественных условиях.

Конструкции испытывались на сдвиг при помощи гидравлического пресса П-125 по общепринятому ступенчатому кратковременному режиму нагружения.

Испытания образцов производились с использованием аттестованного оборудования и поверенных средств измерения. Схема испытания принятая в эксперименте представлена на рисунке 2.



1 – сборный (старый) бетон; 2 – бетон намоноличивания;
3 – прослойка ($\delta = 0,5-2,0$ см)

Рисунок 2. – Схема испытания составной бетонной конструкции с прослойкой

Разрушение во всех случаях носило резкий, внезапный характер и заключалось в отделении одной части образца от другой по плоскости среза.

Разрушение происходило по контактному шву между старым бетоном и прослойкой.

При разрушении бетон намоноличивания и прослойка работали монолитно (как единое целое).

Результаты изменения прочности контактного шва представлены на рисунке 3.

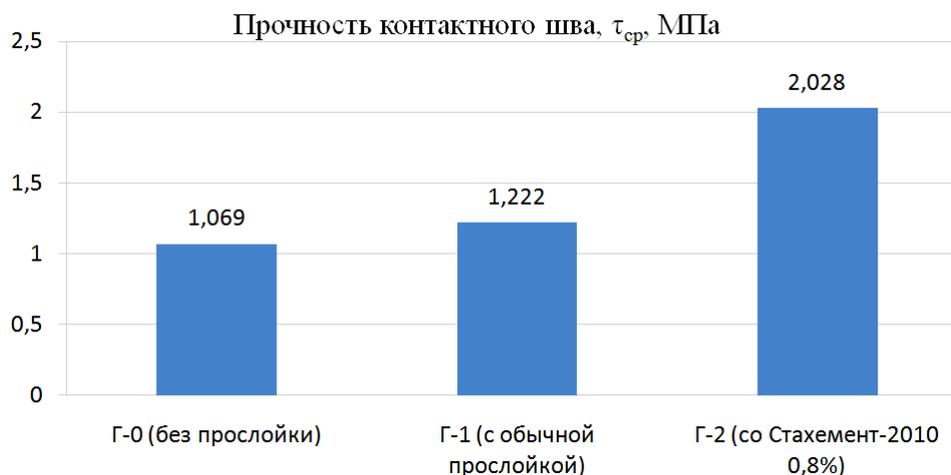


Рисунок 3. – Изменение прочности контактного шва с различными составами

Из гистограммы (см. рисунок 3) видно:

- прочность контактного шва образцов группы Г-1 по сравнению с образцами серии Г-0 (без прослойки) увеличилась на 14,3%;
- прочность контактного шва образцов группы Г-2 по сравнению с образцами серии Г-0 (без прослойки) увеличилась на 89,7 и 65,9% по сравнению с образцами серии Г-1 (обычной цементно-песчаной прослойкой).

На основании вышесказанного можно заключить, что применение цементно-песчаной прослойки с использованием Стахемент-2010 (0,8%) является наиболее целесообразным и может значительно улучшить сцепление бетонных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калитуха, В.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / В.В. Калитуха. – Новополоцк, 2017.
2. Хаменок, Е.В. Прочность контактного шва железобетонных составных конструкций : дис. ... магистра техн. наук / Е.В. Хаменок. – Новополоцк, 2008.
3. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов : дис. ... магистра техн. наук : 05.23.01 / О.П. Чикалина. – Новополоцк, 2003.
4. Хаменок, Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е.В. Хаменок, Е.Г. Кремнева // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2011.
5. Хаменок, Е.В. Особенности подготовки контактных швов в строительстве // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Строительство. – 2007. – Вып. 22.
6. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – С. 33.

УДК 624.012.3

**К ВОПРОСУ СОПРОТИВЛЕНИЯ СДВИГУ КОНТАКТНОГО ШВА
СОСТАВНЫХ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРОСЛОЙКАМИ****А.А. СЕМЁНОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА)*

Рассмотрены расчеты по ТКП EN 1992-1-12009 сопротивления сдвигу контактного шва без прослоек, с прослойками из цементных систем с модификатором и без. Даны предложения по основам расчета подобных составных конструкций.

Вопрос сцепления старого бетона с новым является актуальным во всех областях строительства. Совместная работа составных бетонных, железобетонных конструкций и ее надежная эксплуатация невозможна без обеспечения сопротивления сдвигу контактного шва. На сегодняшний день в контактных швах используются как обычные прослойки на основе цементных систем, так и модифицированные прослойки.

При рассмотрении расчета по ТКП EN 1992-1-1-2009 [1] видно, что в расчетах не учитывается возможность использования как обычных, так и модифицированных прослоек. Поэтому были проведены исследования сопротивления сдвигу контактного шва с использованием прослоек на основе обычных цементных систем и модифицированных Стахемент-2010 в количестве 0,8% от массы цемента.

По ТКП EN 1992-1-1-2009, был произведен расчет сопротивления сдвигу контактного шва [2]. Расчетное сопротивление срезу по контакту определяется по формуле:

$$V_{rd} = cf_{cd} + \mu\sigma_n + \rho f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5vf_{cd}, \quad (1)$$

где c – коэффициент, зависящий от шероховатости поверхности контакта;

f_{cd} – расчетное сопротивление бетона на растяжение, МПа;

μ – коэффициент трения между напрягаемыми арматурными элементами и их каналами;

σ_n – напряжение, вызванное наименьшей внешней нормальной силой, действующей перпендикулярно контакту, которое может действовать одновременно с поперечной силой;

$\rho = \frac{A_s}{A_t}$ (A_s – площадь сечения арматуры, проходящего через контакт, включая обычную поперечную

арматуру (если имеется), с достаточным анкерным креплением с обеих сторон контакта; A_t – площадь контакта);

f_{yd} – расчетное значение предела текучести арматуры;

α – в пределах от 45 до 90°;

v – понижающий коэффициент к прочности бетона.

В нашем случае для расчета нормативного значения сопротивления срезу (сдвигу) формула будет иметь вид:

$$V_{rk} = cf_{ctk,0,05}. \quad (2)$$

Коэффициент c принимаем, согласно пункту 6.2.5 ТКП EN 1992-1-1-2009 варьируется в пределах от 0,015 до 0,5. Шероховатость создавалась щетками, тип поверхности отличается от очень гладкой. В нашем случае глубина шероховатости до 3 мм, поэтому применяем усредненный коэффициент $c = 0,3$.

Класс бетона рассчитывается по кубиковой прочности бетонов $f_{c,cube}^G$, которая определяется по результатам, полученным методом ударного импульса, приведенным в таблице 1.

Расчет ведется по наименьшему значению между бетоном намоноличивания и новым бетоном.

Таблица 1. – Показания прочности испытываемых образцов, полученные методом ударного импульса

Серия	Прочность бетона намоноличивания, МПа	Среднее значение прочности бетона намоноличивания для каждой группы образцов, МПа	Прочность старого бетона, МПа	Среднее значение прочности старого бетона для каждой группы образцов, МПа
Г-0	49,65	48,43	32,9	33,3
	48,25		33,3	
	47,38		33,7	
Г-1	29,9	29,73	28,8	35,97
	27,7		42,8	
	31,6		36,3	
Г-2	30,6	31,23	42,5	38,87
	33,2		30,1	
	29,9		44,0	

Результаты расчетов нормативного (теоритического) сопротивления сдвигу представлены в таблице 2, а также на гистограмме (рисунок 1).

Таблица 2. – Результаты расчета сопротивления срезу (сдвигу) по ТКП EN 1992-1-1-2009

Серия	Нормативное сопротивление срезу (сдвигу) по ТКП, МПа	Экспериментальное сопротивление срезу (сдвигу), МПа	Средняя прочность старого бетона, $f_{c,cube}^G / f_{ctk,005}$, МПа	Средняя прочность нового бетона, $f_{c,cube}^G / f_{ctk,005}$, МПа	Условный класс бетона (наименьшего) C'
Г-0	0,567	1,069	33,3/1,89	48,43/2,41	$C_{33,3}^{26,64}$
Г-1	0,535	1,222	35,96/1,97	29,73/1,78	$C_{29,73}^{23,78}$
Г-2	0,551	2,028	38,87/2,05	31,23/1,84	$C_{31,23}^{24,98}$

Сопротивление сдвигу, τ , МПа

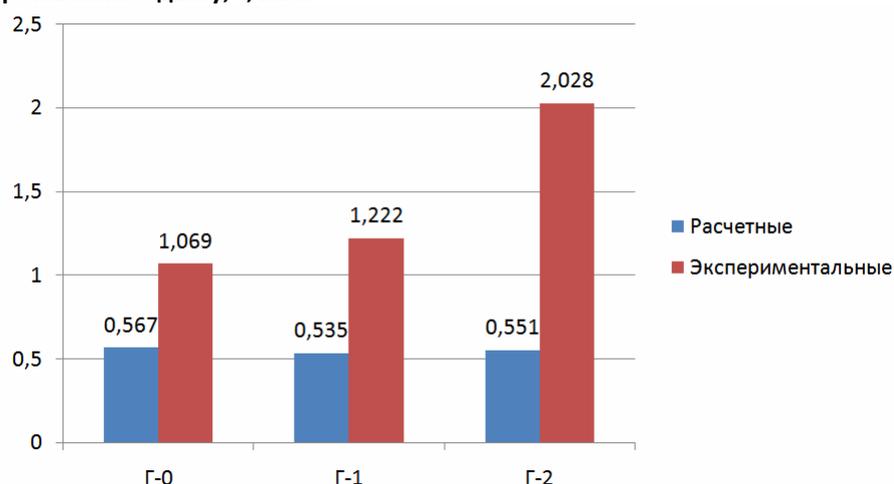


Рисунок 1. – Различия расчетных и экспериментальных значений сопротивления сдвигу образцов, по сериям

На основании полученных данных установлено, что ТКП EN 1992-1-1-2009 не в полной мере позволяет рассчитывать сопротивление сдвигу контактного шва (рассчитанные значения отличаются от экспериментальных более чем в 2 раза).

Заключение

В первом приближении в качестве типового решения можно применить:

1) необходима дополнительная корректировка коэффициента c ;

2) при расчете нормативного сопротивления контактного шва срезу (сдвигу), в формуле $V_{rk} = cf_{ctk,0,05}$ необходимо использовать дополнительный поправочный коэффициент S , учитывающий работу составной конструкции с обычной и модифицированной прослойкой.

Так, для конструкций без прослоек и конструкций с обычной цементно-песчаной прослойкой рекомендуется принимать коэффициент $S = 1$ (расчет ведем по бетону наименьшего класса); для модифицированных прослоек принимаем $S = 2$, $f_{ctk,0,05}$ берем для наименьшего бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий : ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250).
2. Семенов, А.А. Сопротивление сдвигу составных бетонных конструкций с применением прослоек : дис. ... магистра техн. наук. – Новополоцк, 2018.

УДК624.012.4-183.4;624.94.014.2

**ПЕНОБЕТОН И ЛЕГКИЕ СТАЛЬНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ
В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ****Р.А. РАДКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА;
канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)*

Рассматриваются быстровозводимые каркасные и бескаркасные технологии строительства зданий и сооружений. Показаны конструкции покрытий и перекрытий из пенобетона и легких стальных тонкостенных конструкций. Рассматривается вопрос возможности учета совместной работы легких стальных конструкций и пенобетона.

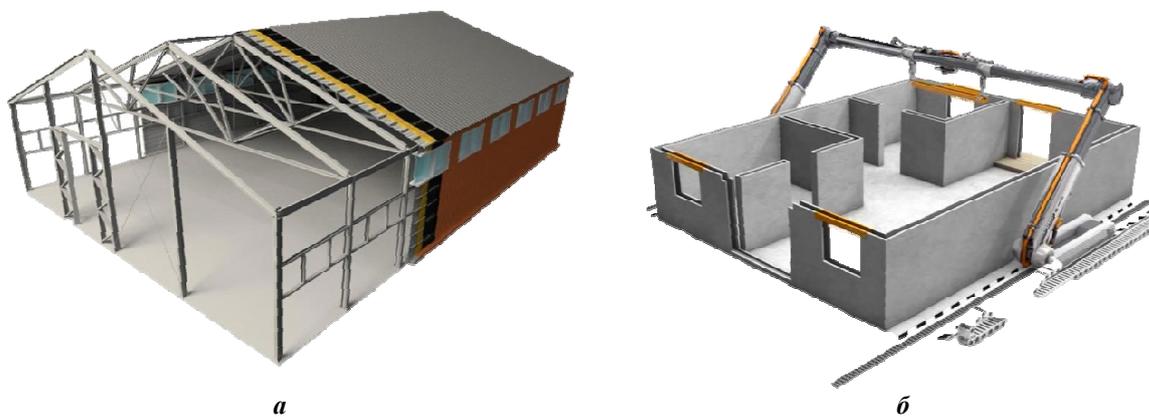
Инновационные технологии позволяют значительно упростить любые процессы. Не является исключением и строительная отрасль. Сегодня возводить сооружения и строить дома можно гораздо быстрее, легче и дешевле благодаря быстровозводимым конструкциям. Подобные сооружения строятся в короткие сроки с минимальными трудозатратами [1; 2]. При этом технические новшества оказали влияние на разного рода конструкции, что привело к снижению их массы и стоимости изготовления, а также сокращению времени монтажа при сохранении прежней несущей способности и эксплуатационных качеств [3].

Среди строительных технологий, используемых для сооружения быстровозводимых домов, можно выделить каркасные и бескаркасные (рисунок 1). В свою очередь, к каркасным технологиям можно отнести:

- строительство из лёгких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). С применением легкого оцинкованного профильного листа [4];
- строительство из легких металлических конструкций (ЛМК);
- технологии с использованием гофробалок, бистальных балок, предварительно-напряженных балок, балок с ортотропной плитой;
- тентовые конструкции и другие.

К бескаркасным технологиям относятся:

- арочная технология;
- строительство домов методом 3D-печати [5] и другие.



а – каркасная [4]; б – бескаркасная [5]

Рисунок 1. – Технологии быстровозводимых зданий и сооружений

В таблице 1 приводится сравнение отдельных видов технологий при строительстве зданий: из металлических конструкций, кирпича, монолитного бетона и панелей [2].

Как видно из таблицы 1, наилучший результат по соотношению показателей характерен для зданий и сооружений с металлическим каркасом.

Одним из видов металлических каркасов являются ЛСТК, которые с каждым годом становятся все популярнее [2; 6–8]. Основным достоинством каркасов из ЛСТК является индустриальность. Каркасы зданий поставляются на строительную площадку в виде готовых к монтажу наборов промаркированных деталей, снабженных монтажными схемами и инструкциями. Конструкции из тонкостенных каркасов имеют небольшой вес, что позволяет использовать фундаменты мелкого заложения.

Стоит также отметить, что дом, построенный из ЛСТК, практически не имеет строительных отходов. При строительстве используются гипоаллергенные материалы, которые безопасны для здоровья человека и окружающей среды [2; 7; 8].

Таблица 1. – Сравнение отдельных видов технологий возведения

Характеристика	Строительство на металлокаркасе	Кирпичное строительство	Монолит-бетон	Панельное строительство
Средний срок строительства 6-этажного дома	4–6 месяцев	10–12 месяцев	8–10 месяцев	6–8 месяцев
Среднее соотношение стоимости строительства	1	2	1,5	1,2
Среднее соотношение стоимости отделочных работ	1	1,5	1,5	1,5
Среднее соотношение приведенных трудозатрат	1	2	1,5	1,2
Среднее соотношение энергозатрат на отопление	1	1,5	1,5	1,3
Возможность легкого фундамента	да	нет	нет	нет

В качестве утеплителя для систем ЛСТК используют минераловатные базальтовые маты и плиты, стекловату, эковату или другие волокнистые изоляционные материалы [8]. Также широкое распространение при возведении ЛСТК получил пенобетон, который представляет собой легкий пористый искусственный каменный материал на цементном вяжущем.

Монолитный пенобетон абсолютно негорюч и применяется в огнезащитных конструкциях, создает монолитный слой теплоизоляции и может быть залит в конструкции практически любой формы, долговечен и экономичен по цене [9]. Немаловажной представляется и возможность получения пенобетона при любых погодных условиях.

При совместном использовании ЛСТК и пенобетона из всех видов антикоррозионной защиты стали оцинковка является наилучшей, так как обеспечивает механическую защиту от оксидантов, высокую адгезию к пенобетону, катодную защиту железа благодаря избыточным электронам цинка [2].

Сочетание лёгких стальных тонкостенных конструкций и монолитного пенобетона позволяет строить здания такого уровня качества, которое может предложить редкая отечественная или зарубежная технология. Прочные, надёжные и долговечные сооружения идеально подойдут как для частного проживания, так и для коммерческого использования [10].

Наиболее массовыми конструкциями в зданиях и сооружениях являются изгибаемые элементы, такие как балки, плиты покрытия и перекрытия. Конструкции покрытий и перекрытий из легкого пенобетона весьма разнообразны. Это сочетание пенобетона с гофрированным листом, используемым в качестве несъемной опалубки, расположенным в объеме бетона с гибкими промежуточными опорами из С-образного профиля. А также перекрытия из С-образного профиля или ферм из него, залитые пенобетоном (рисунок 2).

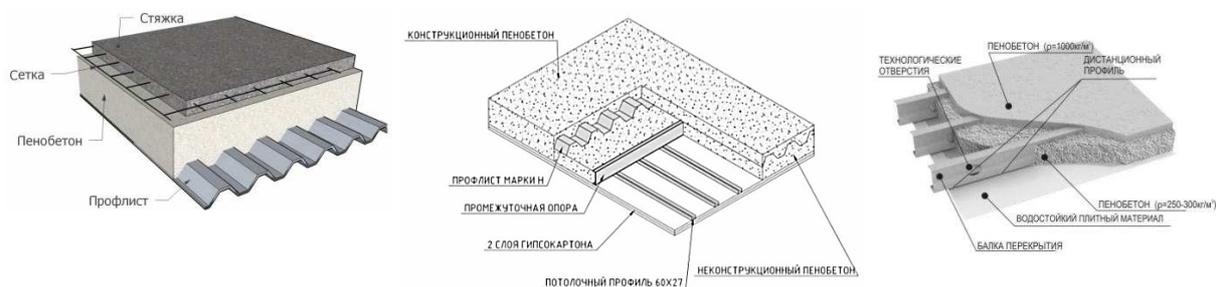


Рисунок 2. – Варианты плитных конструкций с совместным использованием ЛСТК и пенобетона [3; 4]

Несмотря на столь широкую распространенность подобных конструкций, на сегодняшний день имеются определенные неясности в нормативно-технических документах по расчету конструкций покрытий и перекрытий из пенобетона и легких профилей; неясно, как учитывать совместную работу ЛСТК с пенобетоном. Данный аспект нуждается в дополнительном изучении [11]. Можно предположить, что учет совместного использования пенобетона и ЛСТК в расчетах позволит сэкономить на материалах стальных конструкций, за счет подбора профилей меньшего сечения [10].

Подобного рода исследования проводятся в России, Беларуси, Украине, Польше и др. [2; 7; 8]. В Полоцком государственном университете проводятся исследования совместной работы пенобетона с легкими стальными тонкостенными конструкциями на примере изгибаемых элементов, а именно плит покрытий.

Анализ изученного материала позволяет сделать следующие *выводы*:

- 1) здания из металлического каркаса являются весьма востребованными и выгодными по сравнению с кирпичными, панельными и монолитными;
- 2) здания и сооружения, построенные из ЛСТК, практически не имеют строительных отходов, безопасны для здоровья человека и окружающей среды;
- 3) сочетание ЛСТК и легких бетонов позволяет повысить скорость строительства, а также значительно уменьшить нагрузку на фундамент;
- 4) нормативно-техническая база по расчету конструкций из пенобетона и ЛСТК нуждается в дополнении в плане учета совместной работы пенобетона и ЛСТК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстровозводимые здания: основные преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // Все просто : журн. – Режим доступа: <http://vseprostoy.ru/byistrovozvodimyye-zdaniya-osnovnyie-preimushhestva-i-needostatki/>. – Дата доступа: 02.10.2017.
2. Пинскер, В.А. СТО 82866678-3.01.01-2013 / В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин, Н.О. Куликова. – СПб. : АНДРОМЕТА, 2013. – 8 с.
3. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона : дис. ... магистра техн. наук / И.О. Вербицкий. – М., 2016. – 7 с.
4. Быстровозводимые промышленные здания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dvutavr.com.ua/bmz/promyishlennyye-zdaniya>. – Дата доступа: 14.10.2017.
5. Печать зданий на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://snip1.ru/pechat-zdaniy-na-3d-printere/>. – Дата доступа: 17.01.2018.
6. Кирицкая, А. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК): описание, плюсы и минусы, технология строительства [Электронный ресурс] / А. Кирицкая. – Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/328996/legkie-stalnyie-tonkostennyye-konstruktsii-lstk-opisanie-plyusy-i-minusyi-tehnologiya-stroitelstva>. – Дата доступа: 28.11.2017.
7. Борзова, М.К. Конструкция каркасных зданий с применением монолитного пенобетона / М.К. Борзова, Н.И. Ватин, М.Р. Гарифуллин // Строительство уникальных зданий и сооружений : сборник. – СПб. : С.-Петербург. политех. ун-т, 2015. – С. 77.
8. Калафат, К. Противопожарное проектирование легких стальных тонкостенных конструкций / К. Калафат, Л. Вахитова. – Киев : Укр. центр стального стр-ва. – 5 с.
9. Лундышев, И. Почему пенобетон [Электронный ресурс] / И. Лундышев. – Режим доступа: http://www.sovbi.ru/ru/penobeton/why_penobeton.php. – Дата доступа: 29.11.2017.
10. ЛСТК и монолитный пенобетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.profstaldom.ru/lstk-articles/lstk-i-monolitnyj-penobeton/>. – Дата доступа: 15.12.2017.
11. Рыбаков, В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций / В.А. Рыбаков. – СПб. : С.-Петербург. политех. ун-т, 2011. – 7 с.

УДК624.012.4-183.4; 624.94.014.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛИТ ИЗ ПЕНОБЕТОНА И ТОНКОСТЕННОГО СТАЛЬНОГО ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОГО ОЦИНКОВАННОГО ПРОФИЛЯ

Р.А. РАДКЕВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА;
канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)

Рассматривается конструкция опытных образцов из пенобетона и тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля. Показаны конструкция образцов и схема установки измерительных приборов. Определена прочность конструкций. Показана картина трещинообразования.

В настоящее время технический прогресс направлен на облегчение веса строительных конструкций, в связи с чем широкое распространение получили здания и сооружения из тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля. Наиболее массовые конструкции в таких зданиях и сооружениях – изгибаемые элементы, в частности покрытия и перекрытия.

В общем случае имеется два варианта уменьшения веса покрытий и перекрытий: использование пустотобразователей для создания пустотных конструкций, либо облегчение с использованием легких бетонов. В качестве легких бетонов в зданиях и сооружениях зачастую используется пенобетон, который выгодно отличается своей прочностью, долговечностью и не является горючим.

В Полоцком государственном университете проводятся исследования прочности тонкостенных изгибаемых стальных балок с пенобетонным заполнением [1].

Для проведения эксперимента были выполнены две серии образцов (плита I, плита II), отличающихся плотностью. Обе серии были изготовлены с применением одинакового С-образного холоднодеформированного оцинкованного профиля, который был установлен посередине поперечного сечения пенобетонной конструкции. Размеры образцов 300×600×3000 мм. Для создания эффекта обжатия в конструкции применялись пружинные зажимы, которые плотно устанавливались на боковых поверхностях плит и затем зажимались. Конструкция опытных образцов всех серий и общий вид фиксации пружинных зажимов на конструкции показан на рисунке 1.

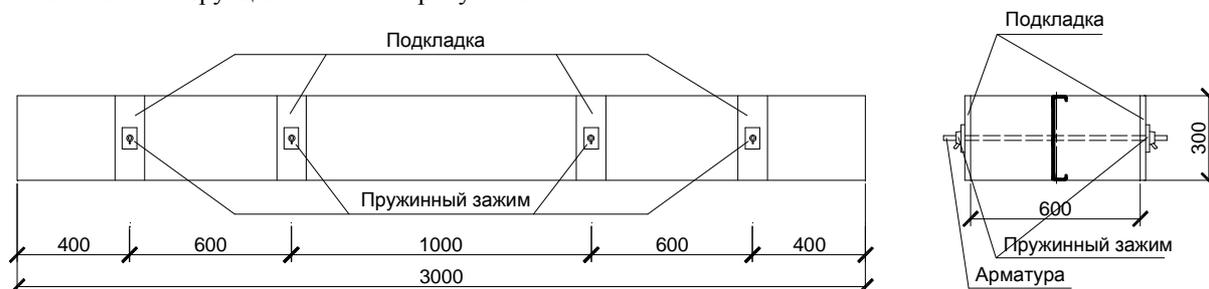
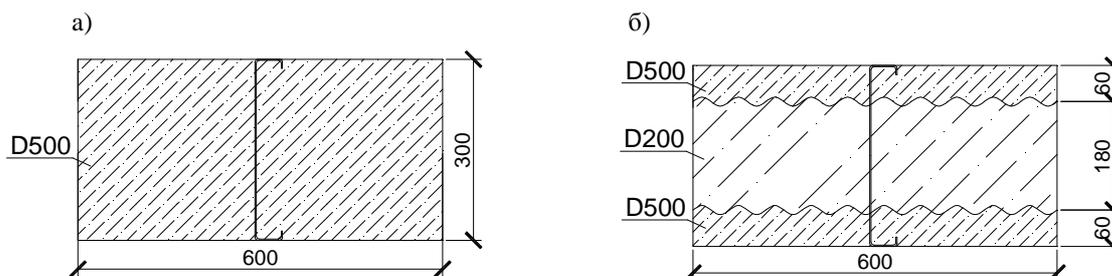


Рисунок 1. – Конструкция опытных образцов и общий вид фиксации пружинных зажимов

Плита I серии была изготовлена из пенобетона D500. Плита II серии выполнена в виде составной конструкции из двух видов пенобетона D200 в средней части и D500 в сжатой и растянутой зонах. Данная серия была выполнена составной в связи с условиями работы бетона, что обеспечивает получение двутаврового сечения.

На рисунке 2 показано поперечное сечение образцов и размещение слоев в плитах I и II серии.



а – плита I; б – плита II

Рисунок 2. – Размещение слоев пенобетона

Испытание опытных образцов производили по балочной схеме до полного разрушения с приложением сосредоточенных усилий в четырех точках (рисунок 3). Схема размещения приборов показана на рисунке 4; общий стенд для испытания плит показан на рисунке 5.

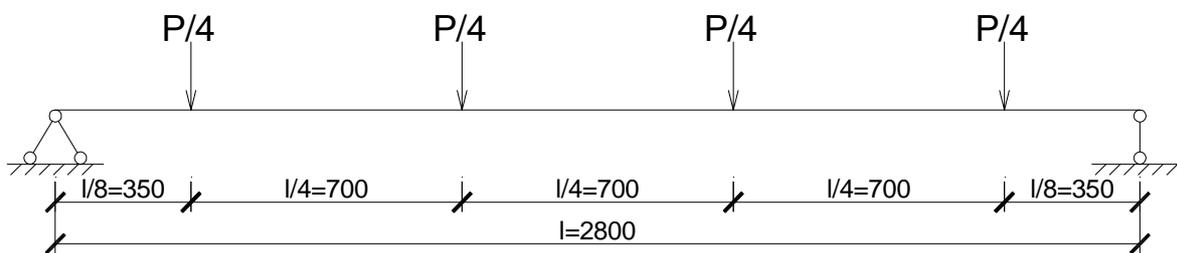


Рисунок 3. – Схема испытания образцов

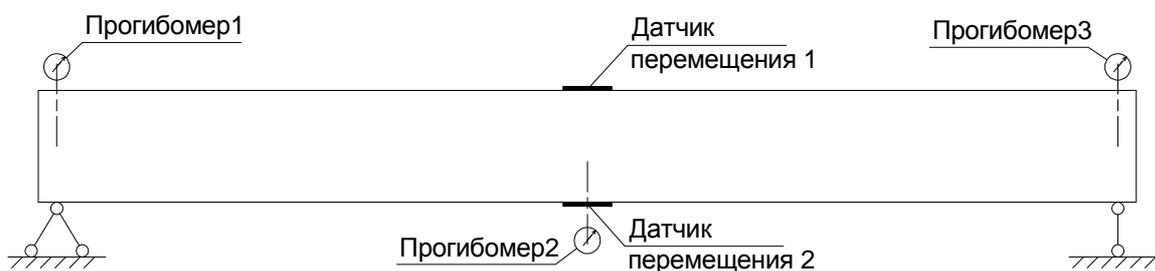


Рисунок 4. – Схема установки измерительного оборудования



Рисунок 5. – Стенд для испытания образцов

Нагружение осуществляли с помощью гидродомкрата через три распределительные траверсы. Нагрузку прикладывали ступенями, каждая из которых не превышала 1/15 предполагаемой расчетной разрушающей нагрузки с выдержкой на этапе 10 минут. В процессе испытания измеряли деформации

образца, прогибы балок, ширину раскрытия трещин и их развитие по высоте сечения вплоть до разрушения [2; 3].

Продольные деформации крайнего волокна сжатой и растянутой зоны профиля измерялись при помощи измерительного комплекса Терем-4. Датчики имели базу 120 мм и были установлены по центру тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля.

Прогибы балок при испытании замеряли прогибомером бПАО с ценой деления 0,01 мм.

Ширину раскрытия трещин измеряли переносным микроскопом МПБ-2 с 25-ти кратным увеличением с ценой деления 0,05 мм. В процессе испытания на каждом из этапов фиксировали развитие трещин по высоте.

Деформации плиты и прогибы измеряли вплоть до исчерпания их несущей способности. При этом непосредственно перед разрушением приращения нагрузки на этапах были минимально возможными.

Разрушение всех серий произошло на опоре от потери местной устойчивости тонкостенного стального холоднодеформированного профиля (рисунок 6). Для плиты I разрушающая нагрузка составила 62,5 кН, а для плиты II 30 кН.

а)



б)



Рисунок 6. – Разрушение на опоре: а – плита I; б – плита II

При нагружении образовывались нормальные трещины в середине пролета и наклонные по краям испытываемых образцов, при этом стальной профиль и пенобетон в случае с Плитой I работал совместно на протяжении всего испытания, а в случае с Плитой II совместная работа прослеживалась в первой половине нагружения.

Характер трещинообразования для этих серий был примерно одинаков и не отличался от обычных железобетонных плит, что видно из рисунка 7.

а)



б)



Рисунок 7. – Схема трещинообразования: а – плита I; б – плита II

Выводы:

- 1) все серии разрушились от потери местной устойчивости тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля на опоре;
- 2) характер работы под нагрузкой плиты I и плиты II отличался. В плите I до снятия измерительных приборов прослеживается совместная работа. Для плиты I разрушающая нагрузка составила 62,5 кН, а для плиты II 30 кН;
- 3) характер трещинообразования для обеих плит был примерно одинаковый и не отличался от обычных железобетонных плит.

ЛИТЕРАТУРА

12. European and national dimension in research May 10–11, 2018, Polotsk : Polotsk State University. – 58 с.
13. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления : Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости : ГОСТ 8829-94.
14. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости : Изменение № 1 РБ ГОСТ 8829-94.

УДК 624.012.4-183.4; 624.94.014.2

**К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТАЛЬНЫХ БАЛОК
С ПЕНОБЕТОННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ****Р.А. РАДКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА;
канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)*

Выполнено сравнение поперечных сил для стального холоднодеформированного тонкостенного оцинкованного профиля и тонкостенных изгибаемых балок с пенобетонным заполнением. Представлены графики деформаций сжатой зоны и прогибов опытных образцов. Построены эпюры деформаций сжатой и растянутой зон. Определена степень влияния пенобетона на стальной холоднодеформированный тонкостенный оцинкованный профиль.

В настоящее время технический прогресс направлен на облегчение веса строительных конструкций, в связи с чем широкое распространение получили здания и сооружения из тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля. В качестве утеплителя в таких зданиях зачастую используется пенобетон. Наиболее массовые конструкции в таких зданиях и сооружениях, являются изгибаемые элементы в частности покрытия и перекрытия.

Исследования совместной работы легких стальных тонкостенных конструкций с пенобетоном получили свое развитие в трудах многих ученых научно-исследовательских, проектных и учебных институтов стран ближнего и дальнего зарубежья [1].

В настоящее время в Полоцком государственном университете проводятся экспериментальные исследования совместной работы пенобетона с легкими стальными тонкостенными конструкциями на примере изгибаемых элементов, а именно плит покрытий из тонкостенных изгибаемых стальных балок с пенобетонным заполнением.

Исследование производилось для двух серий образцов: плита I (пенобетон D500); плита II представляла собой составную конструкцию, включающую пенобетоны разных плотностей. В сжатой и растянутой зонах использовался пенобетон D500, а в средней части, где проходит нейтральная ось, – D200.

Серии образцов были изготовлены с применением одинакового С-образного холоднодеформированного оцинкованного профиля.

Для сравнения экспериментальных и теоретических значений произведен расчет в среде MachCad тонкостенного стального холоднодеформированного профиля по ТКП EN 1993-1-1-2009 [2], ТКП EN 1993-1-3-2009 [3], ТКП EN 1993-1-5-2009 [4] и ТКП 45-5.04-274-2012 [5] с определением максимальных моментов и поперечных сил. Результаты расчетов показаны в таблице 1.

Таблица 1. – Расчетные характеристики профиля

Максимально допустимый изгибающий момент, M(кН·м)	Максимально допустимая поперечная сила, V (кН)
10,69	13,475

В результате эксперимента выявлено, что разрушение всех образцов произошло на опоре от потери местной устойчивости профиля. Сравнение расчетных и экспериментальных поперечных сил показано на гистограмме (рисунок 1).

Как видно из гистограммы у плиты II максимальная поперечная сила незначительно превышает расчетную для профиля, а именно на 11%. Данное сравнение позволяет предположить, что пенобетон не работал совместно со стальным профилем.

Для плиты I поперечная сила превышает расчетную более чем в два раза, а именно на 132%.

Из сравнения видно, что на сегодняшний день ТКП EN не учитывает совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля и пенобетона.

Таким образом, в национальных приложениях необходима доработка данного вопроса.

Большее значение усилий было получено в Плите I благодаря работе в конструкции пенобетона D500, об этом свидетельствует график деформаций сжатой зоны для плиты I и плиты II, представленный на рисунке 2.

Поперечная сила, кН

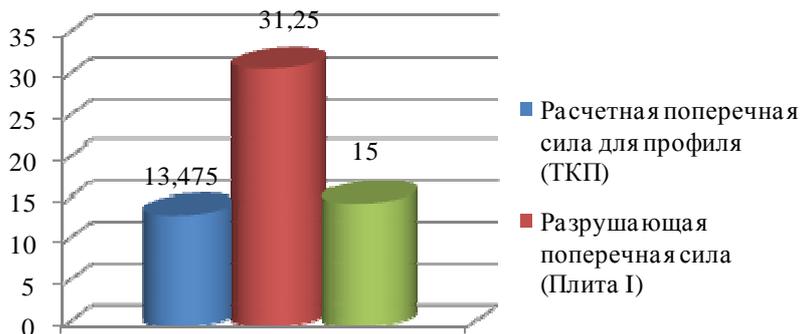


Рисунок 1. – Сравнение поперечных сил

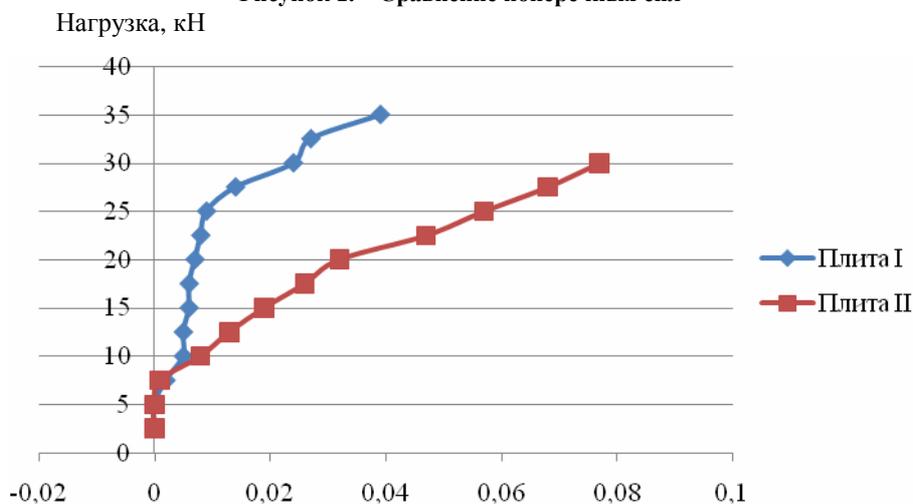


Рисунок 2. – Сравнение деформаций сжатой зоны

Из данного графика видно, что деформации сжатой зоны для плиты I уменьшались при нагрузке в пределах от 10 до 25 кН. Это свидетельствует о перераспределении усилий в плите между профилем и пенобетоном. Деформации сжатой зоны плиты II проходили практически линейно.

Прогибы плиты I и плиты II показаны на рисунке 3.

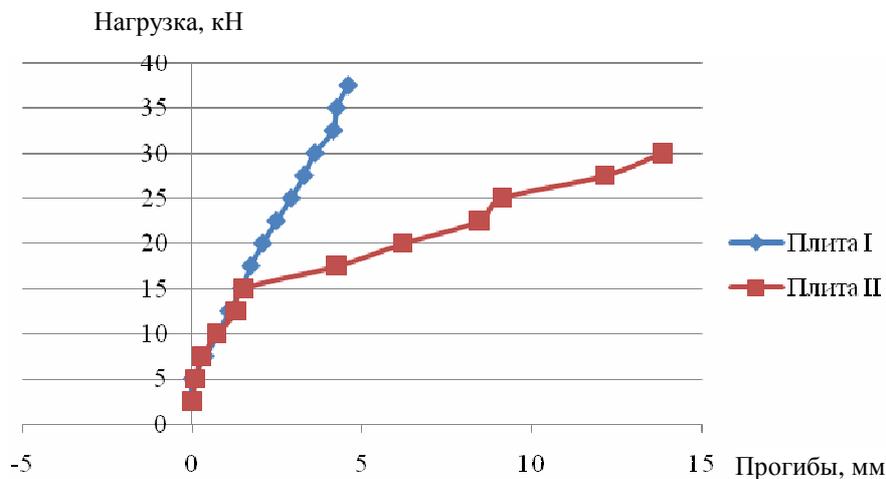


Рисунок 3. – Сравнение прогибов плиты I и плиты II

Из рисунка 3 видно, что совместная работа обеспечивалась одинаково у плиты I и плиты II до нагрузки 15 кН. Далее у плиты II прослеживается исключение пенобетона из совместной работы.

Крайние деформации растяжения-сжатия тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля для каждой конструкции показаны на рисунке 4.

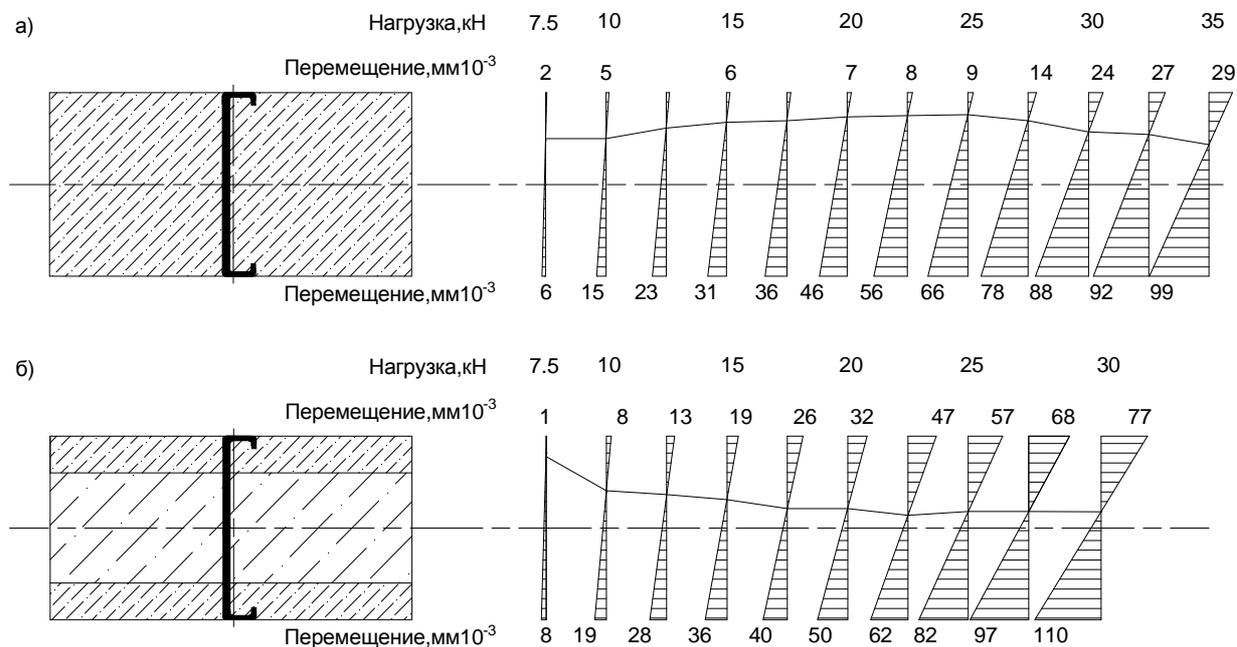


Рисунок 4. – Эпюры деформаций для плиты I (а), для Плиты II (б)

Анализ эпюр деформаций показал, что напряженно-деформированное состояние плит отличалось. Так, в плите I сжатая зона профиля при нагрузках от 10 до 25 кН уменьшалась, затем сжатая зона начала увеличиваться. Это связано с тем, что в работу был включен пенобетон D500. В плите II данных изменений не зафиксировано, что видно на эпюре деформаций. Изменение расположения нейтральной оси для плиты II проходило практически линейно.

Выводы:

- 1) плита I и плита II разрушились от потери местной устойчивости на опоре;
- 2) экспериментальная разрушающая поперечная сила в плите I была на 132% больше расчетной для тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля;
- 3) экспериментальная разрушающая поперечная сила в плите II была на 11% больше расчетной для тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля;
- 4) на сегодняшний день ТКП EN не учитывает совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля и пенобетона. Таким образом, в национальных приложениях необходима доработка данного вопроса;
- 5) согласно эпюрам деформаций, графиков прогибов от нагрузки и деформаций сжатой зоны от нагрузки установлено влияние на совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного профиля пенобетона D500 в плите I.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона : дис. ... магистра техн. наук / И.О. Вербицкий. – М., 2016. – 7 с.
2. ТКП EN 1993-1-1-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
3. ТКП EN 1993-1-3-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов.
4. ТКП EN 1993-1-5-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций.
5. ТКП 45-5.04-274-2012 (02250) Стальные конструкции. Правила расчета.

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 62.681

ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЛОВ И ИХ НЕДОСТАТКИ

А.А. КАШКУР, А.О. КОВТУН
(Представлено: В.А. ЗАФАТАЕВ)

С целью уменьшения теплового и химического загрязнения атмосферы, а также решения проблем энерго- и ресурсосбережения при эксплуатации котельных установок представлены технические рекомендации по эффективному использованию теплообменников-конденсаторов поверхностного типа в трактах уходящих дымовых газов, за счёт которых полезно используется явная и скрытая теплота дымовых газов, а также улавливаются продукты сгорания топлива.

Современное развитие энергетики характеризуется значительно возросшей стоимостью топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), а также существенными трудностями охраны окружающей среды от воздействия теплогенерирующих установок (ТГУ) и промышленных предприятий. Большую долю ТЭР страна вынуждена закупать извне по причине малой обеспеченности собственных недр и экономической нецелесообразности переработки их в конечный вид, пригодный для непосредственного использования [1]. Основным сырьём, закупаемым извне для производства тепловой энергии, является природный газ. Его удельный вес по общей стоимости товаров, импортируемых из России, составляет около 16%, и это второй по величине стоимости товар после сырой нефти [2]. В структуре импорта ТЭР доля природного газа составляет 41% [1]. В структуре конечного потребления по всем видам топлива и энергии на долю природного газа приходится 18% [1]. Доля природного газа, направляемого на получение тепловой и электрической энергии, составляет 70% [1].

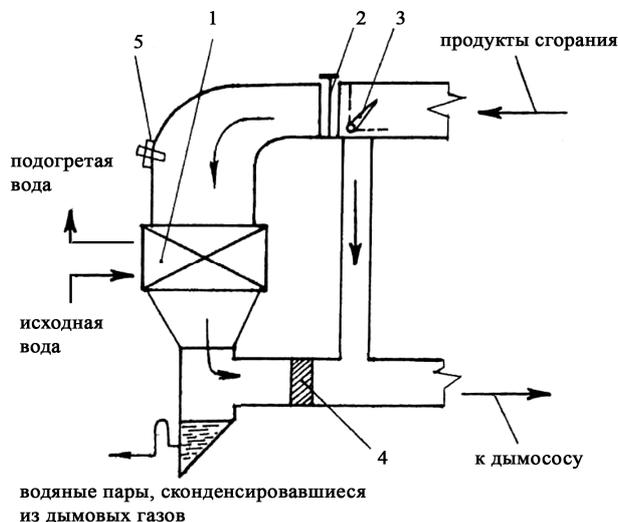
Постановка задачи. Совершенствование энерготехнологии, энергосбережение, экономия топлива и других природных ресурсов, охрана окружающей среды являются приоритетными направлениями развития фундаментальных исследований в области энергетики. Анализ работы газифицированных ТГУ показывает, что одним из путей существенного повышения коэффициента использования топлива (КИТ) является глубокое охлаждение (ниже точки росы) продуктов сгорания в конденсационных теплоутилизаторах (КТ). В КТ наряду с охлаждением продуктов сгорания происходит снижение содержания в уходящих газах оксидов азота (NO_x) [3]. Однако широкое внедрение КТ поверхностного типа существенно сдерживается отсутствием теоретических разработок по тепло- и массообмену в условиях конденсации водяных паров из продуктов сгорания. Задачами, которые требуется решать, являются повышение тепловой эффективности, улучшение условий работы и долговечности устройства для утилизации теплоты дымовых газов за счёт более полной утилизации скрытой теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах.

Исследовательская часть. Охлаждение дымовых газов в КТ ниже точки росы снижает их влаго-содержание, но не исключает возможности конденсации остаточных водяных паров в наружных газоходах и в дымовой трубе. Отсутствие фундаментальных исследований в этой области не позволяет принять правильное решение в практике проектирования КТ.

Известны два пути обеспечения надежной работы газового тракта после КТ: покрытие внутренних поверхностей газоходов и дымовой трубы защитной гидроизоляцией и предотвращение конденсатообразования за счет подогрева продуктов сгорания после теплоутилизатора. Например, существует конструктивное решение котельной установки (рисунок 1), содержащей в газоходе котла установленный перед дымососом теплообменник. В теплообменнике утилизируют теплоту дымовых газов котлов путём их охлаждения до температуры ниже точки росы, конденсируя таким образом скрытую теплоту водяных паров, образовавшихся в дымовых газах в результате сжигания топлива. В качестве охлаждающей среды в теплообменнике используют холодную воду, например, водопроводную, идущую на горячее водоснабжение, подпиточную котлов и т.п. [3]. Такой теплообменник является по существу водогазовым поверхностным конденсатором. Уходящие дымовые газы с температурой 120–150 °С попадают на распределительный клапан 3, который делит их на два потока, основной поток газа (70–80%) направляется через сетчатый фильтр 2 в теплообменник 1, второй (около 20–30%) – по обводной линии газохода. Сменный сетчатый фильтр устанавливается для защиты теплообменника от твёрдых отложений, которые могут образоваться при сжигании твёрдого или жидкого топлива. Процесс охлаждения продуктов сгорания в теплообменнике ниже точки росы сопровождается выпадением конденсата. Температура дымовых газов после смешения поддерживается на уровне 65–70 °С (выше температуры точки росы, равной 55–60 °С), что позволяет при всех режимах работы котла исключить выпадение конденсата в газовом тракте.

Главным недостатком вышеописанной установки является то, что дымовые газы, проходя через обводной газоход, уносят часть теплоты конденсации содержащихся в них водяных паров. Таким обра-

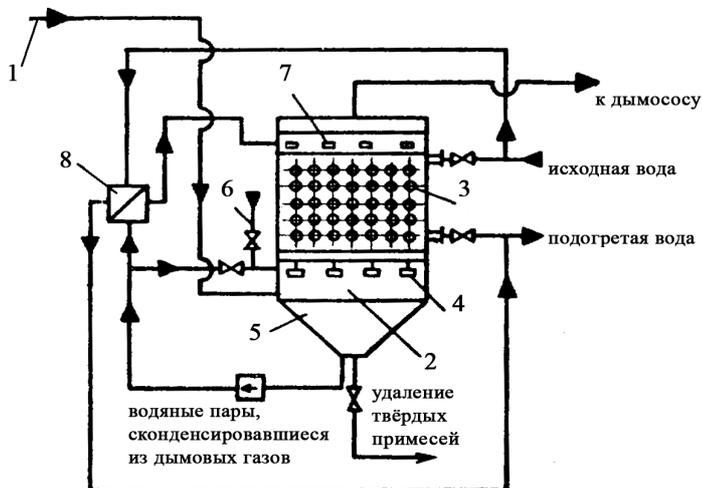
зом, степень утилизации теплоты и КПД котельной установки снижаются. Кроме того, в технологической схеме установки не предусмотрено получение дополнительной теплоты за счёт орошения потока дымовых газов конденсатом, стекающим из теплообменника во влагосборник. То есть нагревание воды в теплообменнике до более высокой температуры за счёт повышения парциального давления водяных паров и температуры мокрого термометра для дымовых газов обеспечить невозможно.



1 – поверхностный теплообменник-утилизатор; 2 – сменный сетчатый фильтр;
3 – распределительный клапан; 4 – каплеуловитель; 5 – штуцер для пневматической обдувки

Рисунок 1. – Схема утилизации теплоты продуктов сгорания в КТ с использованием байпаса

Также существует устройство для утилизации теплоты дымовых газов (рисунок 2), содержащее подключённый нижней частью к источнику дымовых газов вертикальный газоход.



1 – дымовые газы; 2 – нижняя камера орошения; 3 – теплообменник-экономайзер;
4 – форсунка; 5 – влагосборник; 6 – подпиточная линия; 7 – верхняя камера орошения;
8 – промежуточный поверхностный теплообменник

Рисунок 2. – Устройство утилизации теплоты продуктов сгорания с экономайзером

В устройстве утилизации теплоты продуктов сгорания размещены один над другим по ходу газов соответственно влагосборник 5, нижняя камера орошения 2, поверхностный теплообменник-конденсатор 3 и верхняя камера орошения 7, причём теплообменник-конденсатор выполнен в виде экономайзера с горизонтальными трубами по схеме однократного перекрёстного тока, а нижняя и верхняя камеры орошения объединены контуром циркуляции с влагосборником [4].

Дымовые газы увлажняют в нижней камере орошения 2, пропускают в межтрубном пространстве поверхностного теплообменника-конденсатора 3, где охлаждаются и используют скрытую теплоту конденсации содержащихся в дымовых газах водяных паров, подогревая при этом циркулирующую в трубах сете-

вую воду, и увлажняют в верхней камере орошения 7. В результате на поверхности пучка горизонтальных труб образуется конденсат, под действием сил гравитации стекающий во влагоборник 5. Собранный во влагоборнике конденсат контуром циркуляции, образованным между влагоборником и камерами орошения, направляют вновь в нижнюю и верхнюю камеры орошения для увлажнения дымовых газов. При необходимости регулирование температуры подогрева сетевой воды осуществляется за счёт подмешивания части исходной (подогреваемой) воды из контура, включающего промежуточный поверхностный теплообменник 8, в котором источником теплоты служит собранный во влагоборнике 5 конденсат.

Основным недостатком указанного устройства является его низкая тепловая эффективность за счёт неравномерного омывания межтрубного пространства экономайзера по ходу дымовых газов, поскольку ближайшие к входу ряды трубок экономайзера омываются потоком дымовых газов, начиная от лобовой точки, и изначально имеют более выгодные условия по теплоотдаче, чем последующие ряды, находящиеся в слабой вихревой зоне по линии экватора, считая от лобовой точки. Однако свежие порции дымовых газов в ближайших к входу рядах трубок экономайзера на своём пути встречают стекающий с верхних рядов труб на нижние охлаждённый конденсат, отдавший свою теплоту воде, циркулирующей в трубах, выпавший в виде плёнки жидкости. При этом в ближайших по ходу дымовых газов рядах трубок экономайзера ухудшаются условия для интенсификации процесса теплоотдачи из-за отсутствия прямого контакта потока газов с теплообменной поверхностью трубок за счёт сопротивления слоя охлаждённого конденсата. Охлаждённый конденсат, растекающийся плёнкой жидкости на поверхности трубок из нижних рядов, не испаряется в поток дымовых газов и не обеспечивает подогрев воды в экономайзере до более высокой температуры, а уносится потоком дымовых газов в дымовую трубу, что приводит к ухудшению условий её работы в холодный период года по причине образования наледи.

Реализованный в технологической схеме устройства способ увлажнения потока дымовых газов в нижней и верхней камерах орошения малоэффективен, поскольку количество испаряемой в дымовые газы влаги в нижней камере орошения мало из-за низкой температуры конденсата, а в верхней камере орошения – мало из-за низкой температуры дымовых газов. Указанные обстоятельства являются причиной уноса влаги потоком дымовых газов в дымовую трубу. Кроме того, в рассматриваемом устройстве лишь частично решена задача очистки конденсата перед его распылением в камере орошения в потоке дымовых газов. Из собранного во влагоборнике конденсата за счёт действия сил гравитации выпадают твёрдые частицы, однако абсорбированные конденсатом окислы SO_x , CO_x и NO_x вновь попадают в поток дымовых газов в экономайзере и при контакте с водой образуют серную и азотную кислоту, которые оказывают разрушающее воздействие на металлические элементы устройства.

Заключение. Результаты проведённого исследования указывают на то, что требуется разработка технологически простых, малозатратных и эффективных решений для использования теплоты дымовых газов и защиты окружающей среды от негативного воздействия компонентов, содержащихся в продуктах сгорания топлива. В частности, эти решения кроме экономии теплоты (топлива) должны предусматривать устранение или сведение к минимуму уноса влаги в дымовую трубу, улучшение условий её работы и срока службы. Необходимость в рециркуляции – подмешивании части горячих газов к охлажденным или подогретого конденсата к холодному в целях повышения температуры уходящих дымовых газов для предотвращения конденсации в газоходе и дымовой трубе с последующим образованием наледи – должна быть исключена.

Собранный во влагоборнике загрязнённый конденсат перед направлением его в камеру орошения для увлажнения дымовых газов целесообразно последовательно охлаждать, например, использовать его теплоту для целей воздушного отопления, а затем обрабатывать в очистной установке. Таким образом возможно снизить количество вредных выбросов в окружающую среду.

Очищенный в установке очистки конденсат должен направляться в камеру орошения под избыточным давлением, чтобы при омывании поверхности труб теплообменника-конденсатора смывались и коагулировались твёрдые частицы, оседающие из дымовых газов на поверхности труб, при этом возможна и частичная абсорбция содержащиеся в дымовых газах окислов SO_x , CO_x и NO_x . За счёт очистки теплообменных поверхностей от твёрдых отложений интенсивность теплоотдачи дымовых газов будет выше благодаря лучшему контакту потока дымовых газов с чистой поверхностью.

Сажевые отложения имеют крайне низкий коэффициент теплопроводности и могут служить причиной снижения интенсивности теплопередачи до 60%. Дополнительной интенсификации теплоотдачи можно добиться за счёт организации попутного движения потока дымовых газов и плёнки конденсата, вызывая в последней волновые пульсации, что повлечёт уменьшение её термического сопротивления теплопроводности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетический баланс Республики Беларусь // Стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь / редкол.: И.В. Медведева (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – 153 с.
2. Ковалева, М.В. Беларусь и Россия // Стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь / М.В. Ковалева, Г.А. Любова, Е.М. Палковская. – М.: Росстат, 2016. – 215 с.
3. Кудинов, А.А. Энергосбережение в котельных установках / А.А. Кудинов. – Ульяновск: УЛГТУ, 2000. – 139 с.
4. Утилизатор тепла: пат. 1106957 SU / В.И. Моисеев, Л.Г. Семенов, И.З. Аронов, Г.А. Пресич. – Опубл. 07.06.87.

УДК 62.681

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ
В ПОВЕРХНОСТНЫХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРАХ****А.А. КАШКУР, А.О. КОВТУН**
(Представлено: В.А. ЗАФАТАЕВ)

Проанализированы термодинамические параметры работы поверхностных конденсационных теплоутилизаторов на базе кожухотрубных теплообменников. Предложен вариант их оптимизации с целью уменьшения теплового и химического загрязнения атмосферы, а также повышения эффективности использования топлива.

Введение. Несвершенство технологии использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в коммунальной сфере негативным образом сказывается на экономическом развитии страны, повышает энергоёмкость ВВП, снижает конкурентоспособность продукции и услуг. При этом для компенсации необратимых потерь возникает необходимость в увеличении потребления ТЭР, что прямым образом отражается на росте себестоимости выработки тепловой и электрической энергии, увеличении выбросов парниковых газов, приводит к тепловому и химическому загрязнению атмосферы. Охлаждение уходящих дымовых газов и, соответственно, полезное использование их теплового потенциала в существующих технологиях получения тепловой и электрической энергии позволяет снизить себестоимость выработки энергии, повысить тепловую эффективность процессов преобразования энергии и ослабить антропогенное воздействие на атмосферу продуктами горения топлива.

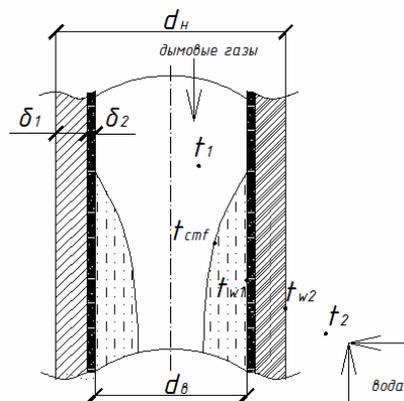
Анализ работы газифицированных ТГУ показывает, что одним из путей существенного повышения коэффициента использования топлива (КИТ) является глубокое охлаждение (ниже точки росы) продуктов сгорания в конденсационных теплоутилизаторах (КТ). Широкое применение контактных и поверхностных КТ в газовых трактах котлов обусловлено наряду с энергосбережением также и уменьшением вредных выбросов в атмосферу за счёт растворения в конденсате продуктов сгорания некоторого количества оксидов углерода (CO_x), азота (NO_x) и серы (SO_x) (если она содержится в топливе). Благодаря этому снижается рН конденсата. Снижение вредных выбросов достигается также и за счёт уменьшения расхода топлива.

Для глубокого охлаждения дымовых газов ниже точки росы ранее использовались теплообменники контактного типа (насадочные, пенные, барботажные, форсуночные и тарельчатые). Контактные теплообменники обеспечивают развитую поверхность и высокую интенсивность теплообмена, превышающую на порядок теплоотдачу при конвективном теплообмене. Однако нагреваемая контактным способом вода поглощает из продуктов сгорания углекислоту и кислород и приобретает коррозионно-активные свойства. Последние 10–15 лет внедряются и получают распространение конструкции КТ поверхностного типа [1]. Для изготовления конденсационных теплообменников применяют нержавеющую сталь, чугун, медь, биметаллические трубы (сталь-алюминий), полимерные материалы и даже керамику. В России положительный опыт внедрения КТ поверхностного типа получен институтом «Сантехпроект» (г. Горький) и Ульяновским государственным техническим университетом, которые разработали установки утилизации теплоты уходящих газов паровых котлов типа ДЕ-10-14 ГМ при работе котельной на природном газе. Теплоутилизаторы изготовлены на базе калориферов КСк-4-11 Костромского калориферного завода [1]. Отличительными особенностями таких аппаратов является их компактность и высокая степень оребрения поверхности теплообмена, способствующая наращиванию тепловой производительности КТ. Однако при сжигании твёрдых и жидких видов топлива (например, угля, торфа, древесины, мазута) в дымовых газах содержится значительное количество твёрдых компонентов неполного сгорания топлива (зольных и сажевых частиц), которые имеют способность к коагуляции и оседанию на внутренних поверхностях газохода, в том числе и на теплообменной поверхности КТ, что для оребренных поверхностей чревато закупоркой проходного сечения, резким снижением интенсивности теплопередачи и огромными трудностями очистки межрёберного пространства. Проблема очистки зачастую усложняется спеканием и переходом в жидкостно-вязкое состояние поверхностных отложений при высокой температуре дымовых газов и присутствии в их объёме водяных паров. Поэтому в конструкциях КТ для котлов, сжигающих твёрдые и жидкие виды топлив, должны использоваться гладкие поверхности, допускающие относительно лёгкую очистку.

В Республике Беларусь находят применение КТ поверхностного типа с кожухотрубными теплообменниками для утилизации теплоты продуктов сгорания котлов, работающих на древесной щепе и торфе. Дымососы подают дымовые газы в трубное пространство теплообменников по схеме «сверху-вниз», а в межтрубном пространстве, огибая сегментные перегородки, проходит подогреваемая сетевая вода.

Для изготовления кожухотрубных теплообменников металлургическая отрасль Республики Беларусь выпускает цельнотянутые стальные трубы с максимальной длиной 7 метров.

Схема теплообмена дымовых газов и сетевой воды показана на рисунке 1.



- d_b, d_n – соответственно внутренний и наружный диаметр трубок теплообменника, мм;
- δ_1, δ_2 – соответственно толщина стальной стенки трубы и сажевых отложений, мм;
- t_1, t_2 – соответственно определяющие температуры дымовых газов и сетевой воды, °С;
- t_{ctf} – температура на границе раздела «газ – конденсат», °С;
- t_{w1}, t_{w2} – соответственно температуры на внутренней и на наружной поверхностях трубок, °С

Рисунок 1. – Схема теплообмена дымовых газов и сетевой воды

Исследовательская часть. Если в теплообменнике нагревается вода, то для конденсации водяных паров из дымовых газов необходимо, чтобы температура стенки теплообменника была ниже точки росы. Предполагается, что коэффициент теплоотдачи от стенки теплообменника к протекающей внутри него жидкости (воде) на порядок выше коэффициента теплоотдачи с газовой стороны, а температура наружной поверхности нагрева мало отличается от температуры воды.

Произведён тепловой расчёт КТ на базе кожухотрубного теплообменника с 7-метровыми трубами. Характерной зоной (интервалом) КТ является микротеплообменник, ограниченный двумя сегментными перегородками. Температуры теплоносителей усреднены по характерным зонам. Коэффициенты теплоотдачи, теплопередачи усреднены в зонах без выпадения конденсата и в зонах с выпадением конденсата из потока дымовых газов.

Тепловой расчёт КТ заключался в нахождении конечных температур дымовых газов t_1'' и воды t_2'' и сравнении их с температурами согласно данных режимной карты котлоагрегата при четырёх вариантах его нагрузки. В ходе расчёта методом последовательных приближений [2–4] определялись температуры t_{ctf}, t_{w1}, t_{w2} , а также местоположение интервала с началом конденсации водяного пара из дымовых газов.

На рисунке 2 представлено сравнение температур t_1'' и t_2'' для установки с 7-метровым теплообменником в зависимости от тепловой нагрузки котлоагрегата.

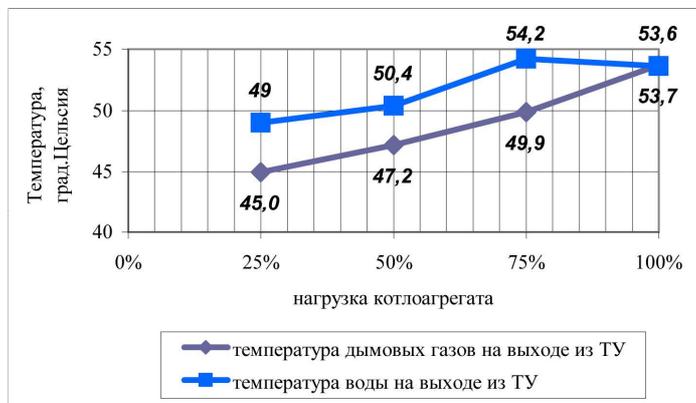


Рисунок 2. – Конечные температуры дымовых газов и сетевой воды на выходе из конденсационного теплоутилизатора

Коэффициенты теплоотдачи от дымовых газов к поверхностям нагрева при глубоком охлаждении, сопровождающимся конденсацией водяных паров из газов, существенно выше коэффициентов конвективной теплоотдачи и соизмеримы с коэффициентами теплообмена для контактных аппаратов.

Из рисунка 2 видно, что при увеличении тепловой нагрузки котлоагрегата температура дымовых газов на выходе из теплообменника повышается и может стать выше температуры точки росы. Очевидно, что это обстоятельство будет негативно сказываться на величине теплопроизводительности КТ по причине недоиспользования части скрытой теплоты конденсации. В режиме максимальной нагрузки котлоагрегата тепловой эффект от конденсации минимален по причине того, что проходящие в трубах теплообменника дымовые газы, имеющие на входе температуру 120–150 °С не успевают охладиться до температуры точки росы, и конденсация, с высокой степенью вероятности, происходит при выходе газов из трубного пространства в расширяющуюся часть влагосборника. Чем выше тепловая нагрузка котлоагрегата, тем выше начальная температура дымовых газов и тем меньше длина конденсационной части в кожухотрубном теплообменнике.

На рисунке 3 представлено изменение коэффициента теплопередачи КТ в зависимости от режима нагрузки котлоагрегата.



Рисунок 3. – Коэффициент теплопередачи по интервалам без выпадения конденсата и с выпадением конденсата в трубах теплообменника

Коэффициенты теплопередачи для установок с разной длиной трубок теплообменника при их сравнении в соответствующем режиме нагрузки котлоагрегата существенно не изменяются и могут быть приняты постоянными. Коэффициент теплопередачи для интервалов КТ с выпадением конденсата в 2,4–6,3 °С больше, чем для интервалов без выпадения конденсата. При максимальной нагрузке котлоагрегата интенсивность теплопередачи снижается в 1,6–3,6 раз относительно остальных режимов загрузки.

Заключение. За счёт наращивания длины труб свыше освоенных в производстве Республики Беларусь 7 метров для последующего изготовления из них кожухотрубных теплообменников появляется возможность получения более высоких температурных перепадов по тракту дымовых газов котлоагрегатов. В результате полезно будет использоваться теплота конденсации, в том числе и в максимальных режимах нагрузки котлоагрегатов при начальной температуре дымовых газов, превышающей 120 °С. Образующийся конденсат омывает поверхность труб КТ и способствует лучшей очистке поверхности теплообмена от твёрдых частиц, оседающих из дымовых газов на поверхности труб, особенно при сжигании твёрдого топлива, при этом возможна и частичная абсорбция содержащихся в дымовых газах окислов SO_x, CO_x и NO_x. Отложения твёрдых частиц неполного сгорания топлива имеют крайне низкий коэффициент теплопроводности и могут служить причиной снижения интенсивности теплопередачи до 60%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинов, А.А. Энергосбережение в котельных установках / А.А. Кудинов. – Ульяновск : УлГТУ, 2000. – 139 с.
2. Бессонный, А.Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения. Справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш. – СПб. : Недра, 1996. – 512 с.
3. Лебедев, П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки / П.Д. Лебедев. – М. : Энергия, 1972. – 320 с.
4. Маньковский, О.Н. Теплообменная аппаратура химических производств / О.Н. Маньковский, А.Р. Толчинский, М.В. Александров. – Л. : Химия, 1976. – 369 с.

УДК 696.4: 697.341: 681.536

К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАСЧЁТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ЗАМЕНЕ КОЖУХОТРУБНЫХ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ НА ПЛАСТИНЧАТЫЕ

Ф.И. МОСКАЛЁНОК, А.Ю. СИДОРОВА
(Представлено: А.М. НИЯКОВСКИЙ)

Рассмотрены вопросы обеспечения эффективности централизованного теплоснабжения при определении расчётных характеристик пластинчатых теплообменников, устанавливаемых в тепловых пунктах жилых зданий в ходе модернизации систем горячего водоснабжения. Выполнено сравнение расходов теплоты и воды на нужды горячего водоснабжения при различном сочетании нормативных и фактических показателей водопотребления. Выявлены ранее не принимавшиеся во внимание факторы, требующие учёта при проектировании и эксплуатации водоподогревателей горячего водоснабжения.

Введение. Эффективность системы теплоснабжения определяется полнотой использования тепловой энергии всеми её элементами на пути от источника теплоты до теплопотребляющего оборудования абонентов сети. Достигается это, как правило, повышением коэффициента использования первичной энергии (КИТ) на источнике, снижением транзитных потерь теплоты теплопроводами в окружающую среду (КПД сети) и улучшением теплотехнических характеристик оконечного теплообменного оборудования.

Однако термодинамическое совершенствование всех перечисленных составляющих элементов системы теплоснабжения не приводит к простой аддитивности частных результатов, поскольку при последовательном соединении структурных элементов теплотехнической системы вклад эффектов от их изменений в общий системный эффект определяется с учётом их места в системе. Рост необратимых потерь в оконечных частях системы требует тем большего расхода первичного топлива на входе системы, чем дальше отстоит изменяемый элемент от её начала [1].

Кроме того, система теплоснабжения является системой с обратной связью: параметры потоков вещества и энергии на выходе оконечных потребителей теплоты оказывают влияние на показатели энергопотребления всей системой теплоснабжения.

Цель работы состоит в проведении сравнения расходов теплоты и воды на нужды горячего водоснабжения (ГВ) при различном сочетании нормативных и фактических показателей водопотребления. Такое сравнение имеет существенное значение для выявления факторов, неучёт которых при расчёте и подборе теплообменников систем горячего водоснабжения жилых зданий может снизить ожидаемый эффект экономии теплоэнергетических ресурсов (ТЭР) в результате проведённой модернизации.

Эта работа является продолжением серии научных докладов и публикаций, посвящённых вопросам оптимизации систем теплоснабжения с целью снижения расхода первичного топлива и эмиссии парниковых газов в атмосферу, выполненных студентами Полоцкого государственного университета в 2014–2018 годах [2–4].

Результаты исследования. В результате натурных наблюдений за реальными эксплуатируемыми объектами удалось установить, что в целом ряде случаев после замены устаревших кожухотрубчатых теплообменников на пластинчатые теплообменники (ПТО), имеет место несоответствие фактических и нормативных расходов теплоты и воды на нужды ГВ, увеличение температуры греющего теплоносителя на выходе из индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) жилых зданий при минимальном и недогрев потребляемой воды при максимальном водоразборе..

Также в ходе анализа данных, полученных в ходе выполненных исследований действующих ИТП жилых зданий, выявлено несоответствие фактических коэффициентов часовой неравномерности потребления горячей воды значениям, обычно принимаемым при расчётах с использованием общепринятых методик, например, изложенных в [5; 6].

Сравнительный анализ полученных результатов, представлен в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение расходов теплоты и воды на нужды ГВ при различном сочетании нормативных и фактических показателей потребления

№ пп	Адрес	Нормативное водопотребление при нормативной численности потребителей				Нормативное водопотребление при фактической численности потребителей				Фактическое водопотребление при фактической численности потребителей				
		максимальный часовой расход нагреваемой воды в системе ГВ,	средний за сутки часовой расход теплоты на нужды ГВ,	расчётная тепловая производительность водоподогревателя,	$G_{гр}, м^3/ч$	$Q_{Т}^h, Гкал/ч$	$Q_{гр}^h, м^3/ч$	максимальный часовой расход нагреваемой воды в системе ГВ,	средний за сутки часовой расход теплоты на нужды ГВ,	расчётная тепловая производительность водоподогревателя,	$Q_{гр}^h, м^3/ч$	$Q_{Т}^h, Гкал/ч$	максимальный часовой расход нагреваемой воды в системе ГВ,	средний за сутки часовой расход теплоты на нужды ГВ,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	пр-т Ф. Скорини, 17/6	4,700	8,60	0,0770	0,2581	2,726	4,897	0,0357	0,1469	2,726	4,280	0,0197	0,1284	
2	пр-т Ф. Скорини, 21	2,750	4,94	0,0362	0,1483	1,664	2,937	0,0165	0,0881	1,664	2,577	0,0086	0,0773	
3	пр-т Ф. Скорини, 40	2,810	5,06	0,0374	0,1517	1,744	3,083	0,0178	0,0925	1,744	2,710	0,0097	0,0813	
4	ул. Коммунистическая, 12	2,320	4,14	0,0280	0,1243	1,763	3,117	0,0182	0,0935	1,763	2,763	0,0123	0,0829	
5	ул. Коммунистическая, 14	4,361	7,97	0,0700	0,2391	2,693	4,837	0,0350	0,1451	2,693	4,177	0,0142	0,1253	
6	ул. Гоголя, 22	4,361	7,97	0,0700	0,2391	2,404	4,300	0,0295	0,1290	2,404	3,733	0,0132	0,1120	
7	ул. Октябрьская, 39	3,720	6,76	0,0560	0,2028	2,386	4,267	0,0292	0,1280	2,386	3,693	0,0121	0,1108	
8	ул. Октябрьская, 58	6,362	11,78	0,1167	0,3533	5,117	9,403	0,0872	0,2821	5,117	8,013	0,0348	0,2404	
9	пр-д Октябрьский, 1	3,275	5,92	0,0467	0,1777	2,743	4,930	0,0360	0,1479	2,743	4,257	0,0148	0,1277	
10	ул. Ф.Скорини, 10	2,810	5,06	0,0374	0,1517	1,879	3,330	0,0201	0,0999	1,879	2,877	0,0062	0,0863	
11	ул. Свердлова, 16/29	3,160	5,71	0,0444	0,1713	2,084	3,707	0,0237	0,1112	2,084	3,260	0,0140	0,0978	
12	ул. Свердлова, 25	4,330	7,91	0,0689	0,2372	2,842	5,113	0,0379	0,1534	2,842	4,460	0,0202	0,1338	
13	ул. Пушкина, 9	2,810	5,06	0,0374	0,1517	1,954	3,467	0,0214	0,1040	1,954	3,027	0,0100	0,0908	
14	ул. Ленинградская, 6в	2,693	4,84	0,0350	0,1451	1,458	2,560	0,0133	0,0768	1,458	2,267	0,0084	0,0680	
15	ул. Ленинградская, 6г	2,065	3,67	0,0233	0,1102	1,563	2,753	0,0149	0,0826	1,563	2,393	0,0054	0,0718	

Примечания: 1. Данные столбцов 5, 6, 9 и 10 рассчитаны для минимального значения температуры воды в холодном водопроводе $t_{х,с} = 5^{\circ}\text{C}$.

2. Данные столбцов 13 и 14 для летнего значения температуры воды в холодном водопроводе $t_{х,л} = 10^{\circ}\text{C}$.

3. Данные столбцов 4, 8, 12 рассчитаны при температурах сетевой воды в тепловой 60/30 $^{\circ}\text{C}$.

Выводы и заключение. Полученные результаты позволяют прийти к следующим выводам и заключению. *Во-первых*, потребление теплоты и воды на нужды ГВ существенным образом зависит от того, какое количество проживающих в зданиях жильцов принять в расчёт: нормативное или фактическое. Игнорирование этого обстоятельства ведёт к завышению расчётных расходов сетевой воды и расчётной мощности водоподогревателей по рассматриваемым объектам на 17...47%, при этом расчётное среднее часовое потребление завышается соответственно на 23...62% в зависимости от условий конкретного здания. *Во-вторых*, расходы теплоты и воды в системах ГВ зависят также и от фактического удельного потребления нагреваемой воды в расчёте на одного проживающего в сутки. Если вместо нормативных значений учитывать в расчётах фактическую численность проживающих и фактические объёмы удельного водопотребления на нужды ГВ, то снижение расчётных расходов сетевой воды и расчётной мощности водоподогревателей, по сравнению с величинами, полученными при нормативных значениях, может составить 28...53%, а среднего часового потребления – на 68...83% в зависимости от условий конкретного здания.

Таким образом, установлено, что реальное суточное потребление воды и теплоты на нужды ГВ в целом ряде случаев может быть существенно ниже нормативных значений. Это может приводить к завышению требуемой мощности ПТО и, как следствие, к резкому снижению их гидравлического сопротивления, нарушению работы автоматики ИТП в фактических условиях эксплуатации. Результатом такого несоответствия будет снижение эффективности системы теплоснабжения обусловленное ростом температуры воды в обратной магистрали при минимальных водоразборах в системе, и недогрев воды, подаваемой в водоразборную арматуру потребителей в часы максимального водопотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.
2. Нияковский, А.М. Управление температурными режимами тепловых сетей с целью снижения энергопотребления в системах теплоснабжения / А.М. Нияковский, В.А. Пшеничнюк, А.В. Григорович // Материалы докл. 48-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвящ. 50-летию университета в 2 т. Т. 2. – Витебск : Витеб. гос. технол. ун-т, 2015. – С. 76–78.
3. Нияковский, А.М. Выбор оптимальной плотности теплового потока при расчёте тепловой изоляции трубопроводов с целью обеспечения заданного коэффициента полезного действия тепловой сети и снижения выброса вредных веществ в атмосферу / А.М. Нияковский, Ф.И. Москалёнок, А.Ю. Сидорова // Материалы докл. 50-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвящ. году науки. Т. 1. – Витебск : Витеб. гос. технол. ун-т, 2017. – С. 299–302.
4. Выбор норм плотности теплового потока при расчёте изоляционных конструкций теплопроводов с учётом геометрических характеристик и коэффициента полезного действия сети / О.И. Мишуто [и др.] // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. Сер. Строительство. – Выпуск С. Электронный оптический диск –1 диск.
5. Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-4.01-52-2007 / М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь. – Минск, 2008. – 47 с.
6. Тепловые пункты. Правила проектирования : ТКП 45-4.02-183-2009 / М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь. – Минск, 2010. – 47 с.

УДК 697.922

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ
КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА****Н.А. ВАСИЛЕВИЧ, Д.А. ВАСИЛЕВИЧ****(Представлено: канд. техн. наук С.И. ПИВОВАРОВА)**

Рассматриваются способы проектирования для культовых зданий эффективной системы водяного напольного отопления и с отопительными приборами с учётом особенности высоты здания под куполом и парусом и особым учётом распределения теплопотерь по веткам отопительной системы, которые позволят создать микроклимат в помещении для прихожан, чтобы устранить отрицательное влияние ниспадающих рециркуляционных конвективных потоков, которые содержат сажевые включения и отрицательно влияют на интерьер культового здания и микроклимат.

Введение. При эксплуатации культовых зданий в городе Полоцке а также в Республике Беларусь в целом и в Российской Федерации [1–3] выявлено в помещении для молящихся негативное воздействие ниспадающих рециркуляционных конвективных воздушных потоков, которые содержат сажевые включения и отрицательно влияют на интерьер культового здания и микроклимат для человека. В результате расчётов выявлены некоторые зависимости, в том числе максимальное время эксплуатации культового здания без организованной естественной вентиляции без выпадения конденсата на внутренних поверхностях ограждающих строительных конструкций храмов (соборов, церквей и других). Так, при численности 1000 человек прихожан это время составляет 2 часа 49 минут, при численности 2000 человек – 1 час 28 минут, при численности 2500 человек – 1 час 11 минут [3]. Поэтому для создания микроклимата в культовых зданиях и сохранения культурных и материальных ценностей от осадения сажевой копоти, а также для улучшения эстетического вида и защиты стен, паруса и купола, требуется правильное проектирование систем водяного отопления и систем воздухообмена с учётом архитектурно-планировочного решения здания.

Основная часть. Для проектирования систем отопления культовых зданий необходимо использовать нормы проектирования, принятые в Республике Беларусь [4; 5], которые отличаются от норм проектирования микроклимата для культовых зданий в Российской Федерации [6; 7].

Нами впервые учтены при проектировании системы отопления и применены в расчётах особенности архитектурно-планировочного решения культового здания с учётом высоты под сводом купола с применением рекомендаций по высоте здания пункта 7.1.17 [8]. При этом важно, чтобы в культовом здании был организован хотя бы естественный воздухообмен. Положительный эффект для организации естественного воздухообмена показала установка электрооткрывающихся фрамуг в двух противоположных окнах под куполом, что применено по нашей рекомендации настоятелем в «Соборе покровы Пресвятой Богородицы» в городе Полоцке. Удобство регулирования электрооткрывающихся фрамуг в том, что управление выведено в ризницу на уровень 1,5 метра от уровня чистого пола.

Поэтому для устранения всех указанных выше недостатков в результате быстрого охлаждения конвективных потоков над отопительными приборами, установленными традиционно под окнами [5], и для устранения осадения сажевой копоти нами предложено с учётом рекомендаций [8] запроектировать отдельную ветку системы отопления с горизонтальным стояком и отопительным прибором из гладких труб под оконными проёмами под куполом или парусом. Этот горизонтальный отопительный прибор необходимо устанавливать в нижней части под парусом или куполом, если в них нет окон. Пример проектирования системы отопления с отопительным прибором из гладких труб на высоте второго яруса под окнами купола изображён на рисунке 1 на примере церкви в Полоцком районе. При расчёте отопительного прибора из гладкой трубы и стояка необходимо принять расчётную тепловую нагрузку на 20% больше расчётных тепловых потерь верхней части культового здания с учётом тепловых потерь через купол и световые проёмы в нём на основании рекомендаций пункта 7.1.17 [8].

Предложенные эффективные схемы системы отопления и системы естественной вентиляции культового здания русской православной церкви представлены на рисунках 2 и 3. Кратность воздухообмена

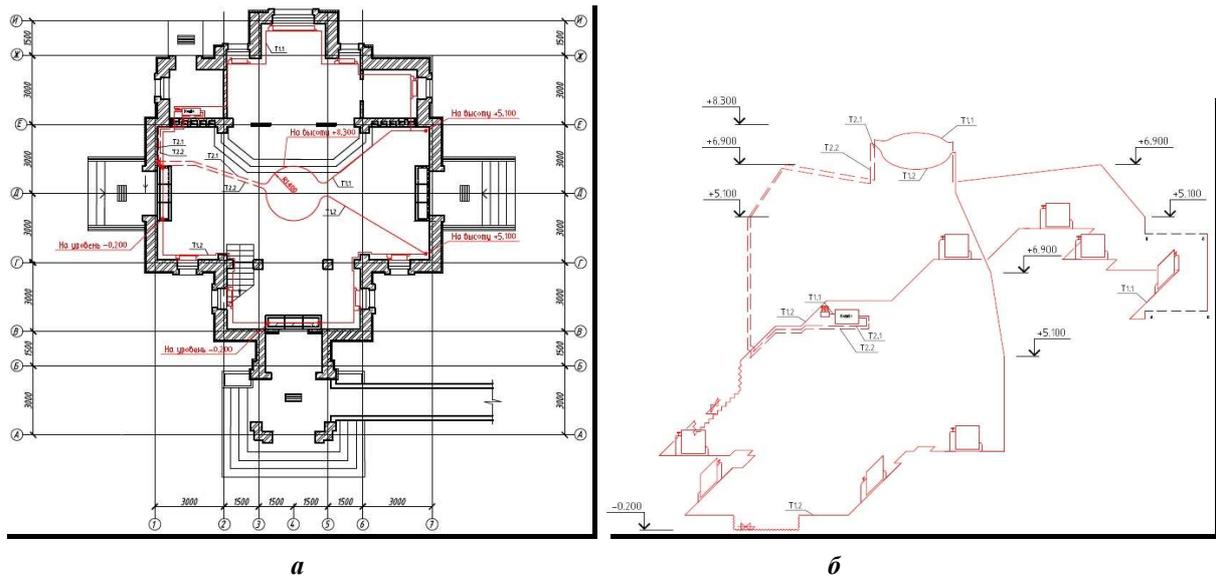


Рисунок 2. – План церкви со схемой многоветвевой системы отопления и аксонометрическая схема

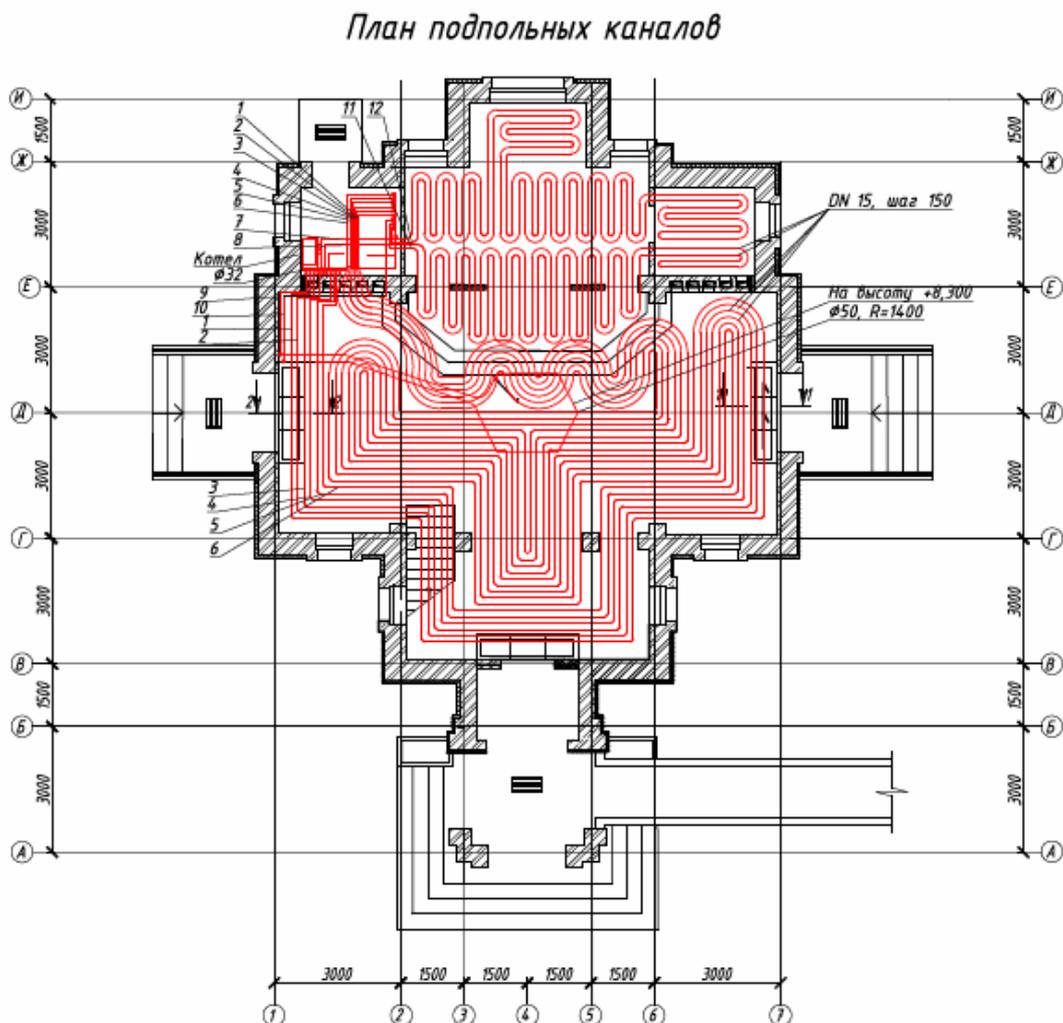


Рисунок 3. – План церкви с системой напольного отопления и горизонтальной системой отопления под куполом с размещением прибора из гладкой трубы на высоте от +5,100 до +8,300 метров

Для нагрева теплоносителя в электродотле в топочной предлагается использовать второй источник электрической энергии, который представляет аккумулятор, заряжаемый от плоского коллектора солнечной энергии [14]. Нами разработаны схемы по установке электрического коллектора солнечной энергии у стен культового здания в доступной для обслуживания зоне, а так же с учётом требований по широте местности.

Заключение. В данной статье был рассмотрен способ проектирования эффективной многоветвевой системы отопления культового здания, когда при правильном расположении ветвей в системе отопления и сочетании с системами воздухообмена возможно создать для микроклимат и сохранить культурные и материальные ценности, а так же улучшить интерьер и защитить стены и свод купола культового здания от осадения сажевой копоти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочев, А.Г. Особенности обеспечения микроклимата в строящихся, восстанавливаемых и реконструируемых культовых сооружениях / А.Г. Кочев // Изв. вузов. Строительство. – 1997. – № 8. – С. 62–65.
2. Кочев, А.Г. Задачи, решаемые при разработке микроклиматических условий в церквях / А.Г. Кочев // Изв. вузов. Строительство. – 1999. – № 6. – С. 88–93.
3. Кочев, А.Г. Микроклимат православных храмов / А.Г. Кочев ; Нижегород. гос. архитектурно-строит. ун-т. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2004. – 448 с.
4. Культовые здания и сооружения. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. Правила проектирования : ТКП 45-3.02-83-2007. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь (Минстройархитектуры Респ. Беларусь), 2008 г. – 46 с.
5. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СНБ 4.02.01-03. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2005. – 62 с.
6. Здания, сооружения и комплексы православных храмов : СП 31-103-99. – Введ. 27.12.1999 / Госстрой Россия. – Изд. офиц. – М. : ГУП ЦПП, 2000. – 34 с.
7. Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха : Стандарт АВОК-2-2004. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2004.
8. Системы отопления и вентиляции усадебных жилых домов. Правила проектирования : ТКП 45-4.02-74-2007 (02250). – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2008. – 36 с.
9. Покотилов, В.В. Пособие по расчёту систем отопления / В.В. Покотилов. – Минск : HERZ Armaturen, 2006. – 144 с.
10. Системы отопления из металлополимерных труб. Правила проектирования и монтажа : ТКП 45-4.02-73-2007 (02250) . – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2008. – 28 с.
11. Системы холодного и горячего водоснабжения из металлополимерных труб. Правила проектирования и монтажа : ТКП 45-4.01-72-2007 (02250). – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2008. – 31 с.
12. Проектирование и устройство систем отопления из полимерных труб / П1-03 к СНБ 4.02.01-03. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2007. – 55 с.
13. Внутренние инженерные системы зданий и сооружений. Производство работ. Правила монтажа : ТКП 45-1.03-85-2007 (02250). – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2008. – 33 с.
14. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 28.03.2016 г. № 248 ; в ред. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 30.12.2016 № 1128.

УДК 628.179

**ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ
РАЗБРЫЗГИВАЮЩИМИ СОПЛАМИ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН****Е.А. ХОНЯК, Ю.В. ДУБОВЕЦ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Д. ЮЩЕНКО; Е.В. ЛЕСОВИЧ)*

Исследуются неравномерности распределения воды различных типов разбрызгивающих сопел вентиляторных градирен. Рассмотрены разбрызгивающие форсунки, струйно-винтовые и центробежно-струйные распылители вентиляторных градирен. Проведен анализ работы разбрызгивающих устройств, при сравнении эффективности охлаждения воды в одинаковых условиях их эксплуатации.

В градирнях, которые служат для охлаждения воды в оборотных системах производственного водоснабжения, в последнее время повсеместно применяются трубчатые элементы распределения воды. Напорные трубчатые системы в сравнении безнапорными создают меньшее сопротивление проходу воздуха, менее чувствительны к колебаниям расхода воды и проще в эксплуатации [1–3].

Применение разбрызгивающих устройств специальных конструкций может позволить отказаться от капельно-пленочных оросителей внутри градирни, что значительно снизит затраты при их эксплуатации.

Современные требования к разбрызгивающим соплам градирен в части экономии энергозатрат и равномерности распределения воды по оросителю могут быть сформированы следующим образом: сопла должны обеспечивать развитый факел разбрызгивания воды с радиусом 1,5–2 м при 5–30 кПа и не подвергаться засорению при концентрации взвешенных веществ в оборотной воде менее 50 мг/л в присутствии каких-либо посторонних включений (нефтепродуктов и т. п.). В этих условиях применение разбрызгивающих сопел по эффективности работы приближается к капельно-пленочному оросителю.

По принципу действия сопла разделяются на центробежные, струйно-винтовые и ударные.

Большое разнообразие сопел обусловлено, с одной стороны, поиском конструкции, которая при малом напоре воды и достаточной производительности обеспечивала бы требуемые гидравлические характеристики, а с другой – стремлением каждого производителя иметь свою конструкцию сопла, чтобы изготавливать все элементы градирен на собственном производстве и по патентным соображениям.

Сопла ранее изготавливались в основном литыми из чугуна или цветного металла. За последние несколько десятков лет для изготовления сопел стали применять пластмассу – полиэтилен, полистирол и другие материалы. Сопла из пластмасс не подвергаются коррозии в условиях работы градирен, проще и дешевле в изготовлении и имеют меньшую шероховатость внутренней поверхности, что при прочих равных условиях увеличивает их пропускную способность.

При проектировании водораспределительных систем градирен сопла подбирают с учетом их пропускной способности, габаритов факелов разбрызгивания при располагаемом напоре воды и степени загрязненности оборотной воды.

Удельные потоки воды в факелах сопел распределяются неравномерно не только по радиусам, но и по окружностям. Это принципиально усложняет теоретические расчеты распределения воды в градирнях при групповой работе сопел. Первой причиной неравномерности водораспределения в градирнях является неравномерность факела орошения от единичного сопла, второй – невозможность такой установки сопел (даже с равномерным факелом каждого), при которой суперпозиция этих факелов давала бы равномерное поле удельных потоков воды в оросителе. Закономерности как первой, так и второй неравномерности могут быть глубоко изучены только экспериментально.

Чаще всего из-за меньшей засоряемости применяют сопла с ударными отражателями. Сопла располагают таким образом, чтобы обеспечить направление факела брызг вниз или вверх. В первом случае расстояние от сопла до оросителя принимается равным 0,8–1 м, во втором 0,3–0,5 м [4]. Напор перед соплом принимается меньше, чем в брызгальных бассейнах (1–3,5 м). Для необходимости регулирования водораспределения в процессе эксплуатации градирен, а также отключения отдельных частей системы при необходимости изменения плотности орошения в зимний период или по технологическим причинам, подводные трубопроводы прокладываются в две-три нитки и оборудуются задвижками, которые также устанавливаются в необходимых случаях на магистральной и распределительной сети.

Наименее энергоемкими являются ударные сопла, но они обладают и большим радиусом разбрызгивания, что при полном факеле может создать затруднения в обеспечении равномерного распределения воды по площади оросителя.

Эффективность работы сопел в градирне определяется их основными технологическими (гидравлическими) характеристиками, зависящими от заданного напора перед соплами, расхода воды через сопло, радиуса факела разбрызгивания, распределения воды в зоне факела.

При выборе сопла для конкретной градири следует учитывать следующие критерии: стоимость с учетом доставки, качество изготовления, их соответствие размерам градири и схеме подачи воды (вверх или вниз). В случае загрязненной воды конструкции сопла должна пропускать её, в то же время не засоряясь.

Технические характеристики сопел очень чувствительны к изменениям размеров их элементов и соотношений этих размеров. Любые незначительные отклонения от рекомендуемых размеров элементов сопел могут привести к существенному уменьшению расчетного значения радиуса факела и нарушению равномерности орошения площади факела. Поэтому при изготовлении водораспределительных устройств необходимо строго соблюдать их рекомендуемые размеры. В случае отклонений размеров необходимо проводить проверочные исследования изготовленных сопел. Для получения хороших результатов разработка новых, модернизация существующих конструкций и их производство должны сопровождаться выполнением научно-исследовательских работ.

Задачей исследований явилось:

- изучение работы разбрызгивающих устройств при сравнении эффективности охлаждения воды в одинаковых условиях их эксплуатации;

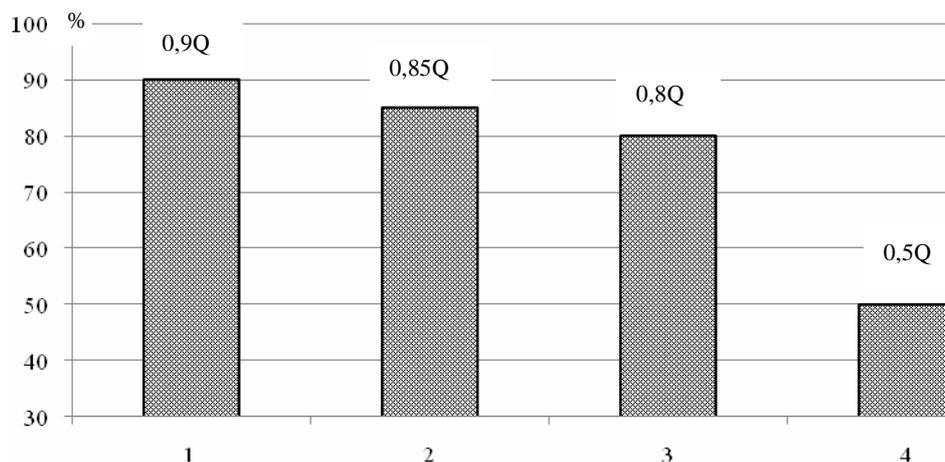
- проведение наблюдений за снижением производительности устройств и характером отложения на внутренних стенках, при заданной температуре охлажденной воды;

- определение временного интервала, за которое происходит снижение производительности систем контакта воды с воздухом, в связи с их ремонтом или заменой;

Объектами исследования были приняты четыре типа разбрызгивающих форсунок и распылителей вентиляторных градири: каскадные и ударные, струйно-винтовые и центробежно-струйные, расположенные в распределительной сети охладителей.

Опытным путем установлено [5], что ороситель капельно-пленочного типа улучшает производительность градири по охлаждению воды, однако при его использовании необходимо применять реагенты, препятствующие биообрастанию. При загрязнении только механическими примесями и остаточными нефтепродуктами, которые присутствуют в оборотной воде, производительность оросителя снижается примерно на 7–10% за 11 лет непрерывной эксплуатации, что является хорошим показателем.

На рисунке 1 представлена гистограмма снижения производительности рассматриваемых устройств, принимая за проектную (начальную) производительность за 100%.



1 – вентиляторная градири совместная с блоком капельно-пленочного оросителя и форсунками каскадного типа; 2 – вентиляторная градири со струйно-винтовыми форсунками; 3 – вентиляторная градири с форсунками ударного типа; 4 – безвентиляторная градири с центробежно-струйными распылителями

Рисунок 1. – Гистограмма снижения производительности градири в зависимости от типа охладительного устройства

Заключение

Проведенные наблюдения за работой разбрызгивающих устройств показали и измерения:

- *форсунки* являются более надежными разбрызгивающими устройствами в обеспечении надлежащего охладительного эффекта из-за постоянства их производительности в период эксплуатации без очистки от отложений. Следует отметить также их малое количество в одной секции (более чем в 6 раз

меньше, чем распылителей), что обеспечивает простоту конструкций и меньшие затраты материалов, а также эксплуатационные затраты. К недостаткам можно отнести то, что форсунки располагаются внутри градирни, это затрудняет доступ к ним. Также наблюдаются значительные потери на капельный унос воды (примерно 1,5% от общей производительности секции градирни);

- *струйно-винтовые и центробежно-струйные распылители* располагаются у наружных стен корпуса секции градирни, что значительно облегчает к ним доступ, не требуют установки вентиляторов и имеют меньший капельный унос (0,3–0,5%). Вследствие особенностей работы с такими распылителями аэродинамическое сопротивление внутри секций градирен уменьшается и появляется возможность отключения (демонтаж) вентиляционного оборудования. Но эти устройства показали самый высокий процент потери производительности (45–50%) за 2–3 месяца. Прежде всего, из-за малого диаметра проходного отверстия данный тип форсунок чаще остальных забивается и требует чистки для восстановления оптимальной работы. После потери производительности распылителей (одного или несколько) более 50%, производят выключение их работы путем закрытия соответствующих задвижек, снимают с куста распылители и подвергают прочистке. Так как характер загрязнений – легко отслаиваемые примеси в виде нефтепродуктов и мелких механических включений, то промывка распылителей осуществляется теплой водой с механической чисткой при помощи различных ершовых приспособлений, после чего возвращаются в систему подачи горячей воды. Для оптимальной работы и предотвращения засорений давление воды перед соплом должно быть 0,1 МПа. В целом из-за малого периода эксплуатации без принудительной очистки от загрязнений градирни такого типа обеспечивают меньший охлаждающий эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беликов, С.Е. Водоподготовка : справочник / С.Е. Беликов. – М. : Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справочное пособие ; под общ. ред. В.С. Пономаренко. – М, 1998. – 376 с.
3. Ташенев К.М. Подготовка технической воды. – Алматы, 1997. – 172 с.
4. Никаноров, А.М. Гидрохимия : учебник / А.М. Никаноров. – 2-е изд. перераб. и доп.– СПб. : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
5. Ющенко, В.Д. Изучение эффективности работы градирен с распылителями воды / В.Д. Ющенко, Е.В. Лесович, А.В. Зыков // Калинингр. гос. техн. ун-т // Вестн. науки и образования Северо-Запада России. – 2017. – Т. 3, № 2. – Калининград, 2017. – С. 75–82.

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 004.942:528.2/3

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СРЕДЕ ГИС

П.С. ДОЛГИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА)

Описан процесс создания ГИС-проекта на тематику геодинамики на основе данных различных исследований. Более подробно отражена методика создания трехмерных визуализаций в среде ArcScene – визуализации скоростей движений нивелирных пунктов и трехмерных графиков накопления разностей превышений.

Геодинамика – наука междисциплинарная. Она возникла на стыке геодезии, геофизики, геологии, астрономии, океанологии. С развитием компьютерной техники появилась возможность математического моделирования физических процессов и связь геодинамики с математикой и информационными технологиями стала очень тесной [1].

Одна из бурно развивающихся информационных технологий – географические информационные системы (ГИС). ГИС-технологии охватывают всё больше отраслей хозяйства, становятся незаменимым инструментом в научных исследованиях.

В данной работе мы представлена информация о созданном нами ГИС-проекте на тематику геодинамики, на основе данных повторного высокоточного моделирования на Полоцком геодинамическом профиле. Исходные данные включают 10 циклов высокоточного нивелирования (с 2004 по 2015 год за исключением 2005 и 2014) на 11 пунктах, включая 1 исходный – всего 100 измерений [2].

По этим данным при помощи приложения на языке программирования python методом Христова, основанным на полиномиальной аппроксимации, вычислены скорости движения (v) пунктов профиля (таблица 1).

Таблица 1. – Результаты вычислений по методу Христова [3]

Пункт	Степень аппроксимации											
	линейная		квадратичная				кубическая					
	v	m	v	m	a	m	v	m	a	m	b	m
7130	0.206	0.175	0.25	0.442	-0.003	0.033	0.96	1.019	-0.135	0.178	0.007	0.009
8372	0.684	0.218	2.833	0.551	-0.165	0.041	4.304	1.271	-0.438	0.222	0.014	0.011
7701	-0.576	0.3	-1.654	0.759	0.083	0.056	-3.245	1.749	0.378	0.305	-0.015	0.015
7873	0.002	0.321	0.573	0.814	-0.044	0.061	1.887	1.877	-0.288	0.327	0.012	0.017
3895	-0.111	0.337	0.657	0.853	-0.059	0.064	1.691	1.967	-0.251	0.343	0.01	0.017
6284	-0.134	0.339	0.553	0.859	-0.053	0.064	1.781	1.981	-0.281	0.346	0.012	0.017
6931	-0.035	0.352	0.389	0.89	-0.033	0.066	1.115	2.053	-0.167	0.358	0.007	0.018
7100	-0.489	0.403	-0.784	1.021	0.023	0.076	-0.672	2.354	0.002	0.411	0.001	0.021
3902	-0.454	0.445	-0.723	1.127	0.021	0.084	-0.004	2.599	-0.113	0.453	0.007	0.023
5960	-0.247	0.478	0.408	1.211	-0.05	0.09	2.342	2.792	-0.409	0.487	0.018	0.025

v – скорость, a – ускорение, m – точность определения неизвестной.

Помимо этих данных, для создания ГИС-проекта использовались: топографические карты масштаба 1:50 000; сеймотектонические, геологические карты; данные наблюдений на сейсмологических пунктах; цифровые модели рельефа (ЦМР) [4]; векторные данные OpenStreetMap [5] (водные объекты, растительность, постройки, дорожная сеть).

Данные были представлены на карте в двумерном виде. Топографические карты привязаны в системе координат проекции Гаусса – Крюгера 35-й зоны и трансформированы; пункты нивелирования отображены по координатам и соединены линией профиля; по данным сеймотектонических карт нанесены разломные структуры; по данным источника [6] обозначены очаги землетрясений, зафиксированных сейсмологическими постами, оборудованными для наблюдения за Полоцким разломом. Местоположение разлома на карте согласуется с тем, которое выявлено по результатам повторного нивелирования.

Наиболее интересный результат дает 3D-визуализация в ГИС. Поэтому в качестве платформы для выполнения проекта выбран многофункциональный программный продукт ArcScene.

Выполнена визуализация скоростей движения пунктов и графики накопления разностей превышений в трехмерном виде для различных эпох.

Визуализация скоростей движения пунктов (рисунок 1). В вид сцены добавлена ЦМР, размещены векторные объекты, для которых в качестве источника базовых высот выбрана ЦМР. Вокруг объектов пунктов построена буферная зона радиусом 100 метров. Вытягивание полученных полигонов установлено по полю со значениями скоростей движения пунктов, увеличенных в сто раз. Линия профиля обозначена трехмерным символом типа *Stripe* и для наглядности приподнята над ЦМР. Выполнена классификация пунктов на опускающиеся и поднимающиеся, и они отображены различными цветами. Имена пунктов подписаны с помощью 3D-текста.

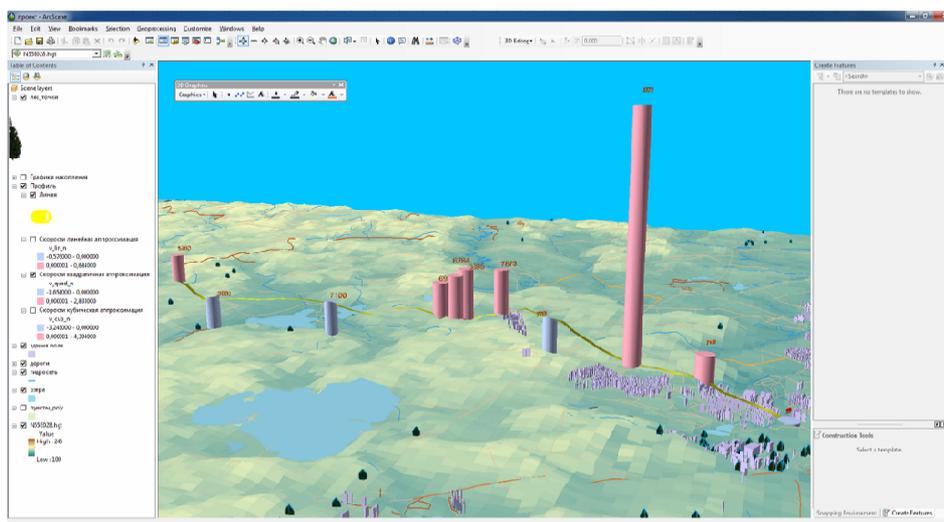


Рисунок 1. – Пример визуализации скорости движения пунктов в среде ArcScene

Построение графиков накопления разностей превышений в трехмерном виде для различных эпох (рисунок 2). Для этой цели разработаны два скрипта с использованием библиотеки *arcgpy* языка *python*. Первый из них считывает данные объектов пунктов и линии нивелирного хода и выполняет построение рядов точечных объектов для каждого пункта. Рассмотрим алгоритм его работы.

1) с помощью функции *SearchCursor* библиотеки *arcgpy* считываем геометрию линии нивелирного хода и формируем список пар координат её вершин;

2) выделяем из списка те вершины, которые являются конечными точками секций хода;

3) решая обратную геодезическую задачу на плоскости, вычисляем дирекционный угол A (формулы (1), (2)) из конечной точки каждой секции в начальную;

$$\Delta X = X_B - X_A; \quad \Delta Y = Y_B - Y_A; \quad (1)$$

$$r = \arctg \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|; \quad (2)$$

$$A = r \quad \text{при } \Delta X > 0; \quad \Delta Y > 0;$$

$$A = 180 - r \quad \text{при } \Delta X > 0; \quad \Delta Y < 0;$$

$$A = 180 + r \quad \text{при } \Delta X < 0; \quad \Delta Y < 0;$$

$$A = 360 - r \quad \text{при } \Delta X < 0; \quad \Delta Y > 0;$$

4) решая прямую геодезическую задачу на плоскости (формулы (3)–(4)), используя направление, перпендикулярное к полученному дирекционному углу и принимая расстояние между точками двух графиков равным 100 м, строим точки и вносим в них атрибутивные данные: значение разности накопления превышений, эпоху и пункт, данные которого представляет точка.

$$X = X_0 + D \cdot \cos A; \quad (3)$$

$$Y = Y_0 + D \cdot \sin A. \quad (4)$$

При необходимости, в случае неудачного расположения точек, построенных с помощью скрипта, можно изменить их местоположение вручную.

Второй скрипт считывает данные из построенных точек и строит полилинии с координатой Z, которые и будут отображены в ArcScene в качестве графиков. Рассмотрим алгоритм построения линий графиков.

- 1) считываем геометрию и атрибуты объектов точек перегиба с помощью функции SearchCursor и преобразуем итератор, возвращаемый функцией, в список;
- 2) сортируем список точек по ходу линии нивелирования и по эпохам на тот случай если выполнялось ручное редактирование точек;
- 3) при помощи библиотеки pyshp [7] выполняем построение полилиний с координатой Z, передавая в качестве координат X и Y координаты точек для одной эпохи, а в качестве координаты Z – значение накопления разностей превышений, а также добавляем атрибут эпохи.

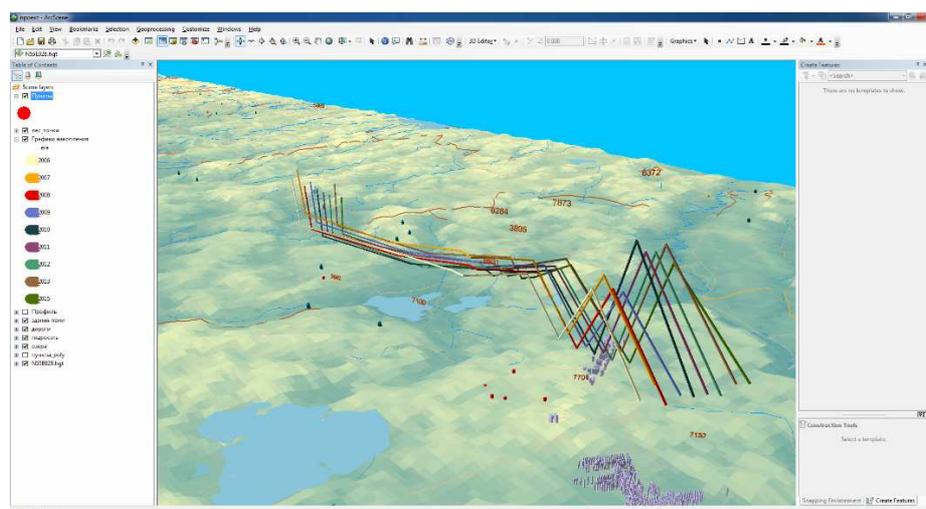


Рисунок 2. – Графики накопления разностей превышений в среде ArcScene

В ходе данной работы мы доказали, что современные ГИС-технологии можно успешно использовать для исследований в геодинатике. Построенные нами визуализации скорости современных вертикальных движений земной коры – лишь малая часть возможностей ГИС. При наличии большого количества данных различных наук о Земле, представленных в ГИС, можно максимально приблизиться к комплексному подходу в исследовании природных явлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шароглазова, Г.А. Многодисциплинарный подход к моделированию геодинатических процессов / Г.А. Шароглазова П.С. Долгий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 180–184
2. Инструментальные исследования современной геодинатике в Полоцком регионе : отчет о НИР / Полоц. гос. ун-т ; рук. Г.А. Шароглазова. – Новополоцк, 2013. – 83 с. – № ГБ 0314.
3. Долгий, П.С. Моделирование развития деформационных процессов природных и инженерных объектов по результатам инструментальных исследований с представлением в среде ГИС : дис. ... магистра техн. наук : 1-40 80 04 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / П.С. Долгий ; М-во образования Респ. Беларусь, Полоц. гос. ун-т ; науч. рук. Г.А. Шароглазова. – Новополоцк : ПГУ, 2018. – 83 с.
4. Data [Electronic resource]. – Mode of access: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>. – Date of access: 15.05.2018.
5. OpenStreetMap [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/55.5179/28.7450>. – Date of access: 15.05.2018.
6. Оценка сейсмогеодинатических условий в районе площадки строительства Полоцкой ГЭС за период: 15.09.2006–15.12.2006 (договор 4/2006 от 14.09.2006 г. с УО «Полоцкий государственный университет» : отчет о результатах научно-исследовательских работ / А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, Т.И. Аронова, В.М. Колковский, О.Н. Кулич. – Минск, 2006.
7. GitHub – Geospatial Python/PyShp: This library reads and writes ESRI shapefiles in pure Python. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://github.com/GeospatialPython/pyshp>. – Date of access: 25.05.2018.

УДК 004.942:528.2/.3

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ МЕТОДОМ ХРИСТОВА

П.С. ДОЛГИЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Г.А. ШАРОГЛАЗОВА)

Отражена методика моделирования геодинамических процессов методом Христова, сделано обоснование выбора языка программирования для разработки программного продукта, описан полученный продукт и его отладка на основе реальных данных Полоцкого геодинамического профиля.

Геодинамические явления происходят непрерывно на всей планете и подразделяются на глобальные (движение полюсов Земли), крупномасштабные (движение литосферных плит), а также региональные и локальные, связанные с изменением местоположения и вариациями силы тяжести относительно небольших участков земной коры [1].

Цель данной работы – разработка программного продукта для моделирования геодинамических процессов по результатам повторного нивелирования. В работе будет уделено внимание исследованию локальных современных вертикальных движений земной коры.

Для исследования локальных движений земной коры используют такие геодезические методы как повторное нивелирование, повторные линейно-угловые измерения, повторные спутниковые наблюдения. Способом, предоставляющим наиболее точные сведения о вертикальных движениях точек земной поверхности, остается повторное высокоточное нивелирование [2].

Современные исследования в геодинамике требуют комплексного междисциплинарного подхода. Важнейшие инструменты исследования в геодинамике – методы математического моделирования и информационные технологии [3].

Метод, используемый для моделирования современных вертикальных движений земной коры во времени основан на алгебраических полиномах и назван в честь болгарского геодезиста Владимира Христова.

Функция алгебраического полинома для линейной аппроксимации приобретает следующий вид:

$$H_k^i = H_k^0 + V_k (T_i - T_0). \quad (1)$$

Для квадратичной аппроксимации:

$$H_k^i = H_k^0 + V_k (T_i - T_0) + A_k (T_i - T_0)^2. \quad (2)$$

Для кубической аппроксимации:

$$H_k^i = H_k^0 + V_k (T_i - T_0) + A_k (T_i - T_0)^2 + B_k (T_i - T_0)^3. \quad (3)$$

Для определения коэффициентов $H(0)$, V , A , B составляется система уравнений – одно уравнение для каждого измеренного превышения в каждую эпоху. Этим уравнениям придают веса P , определяемые как величины, обратно пропорциональные длине секций:

$$P_m = \frac{C}{L_m}, \quad (4)$$

где C – постоянная, равная отношению априорной погрешности единицы веса к погрешности на 1 км хода; L_m – длина линии в километрах [4; 5].

В результате получают систему нормальных уравнений, которую решают по формуле

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L. \quad (5)$$

Прибавляя полученные значения поправок к приближенным высотам пунктов, получают уравненные высоты на начальную эпоху

$$H_0 = H^0 + \delta H^0. \quad (6)$$

Подставляя полученные значения скорости, ускорения и производной ускорения в уравнения, получают модельные значения высот на каждую эпоху. Вычитая модельные высоты смежных пунктов хо-

да, получают модельные превышения. Из вычисленных модельных значений высот вычитают полученные по результатам измерений. Среднеквадратическую ошибку модели вычисляют по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum \Delta h_{nk}}{n \cdot k}}, \quad (7)$$

Δh_i – разность вычисленных и измеренных значений высот для каждого пункта за каждую эпоху измерений; n – номер пункта; k – номер эпохи измерений [4; 5].

На данный момент для моделирования современных вертикальных движений земной коры используется программный продукт ДК СВДЗК, разработанный в Полоцком государственном университете в 2008 году [6]. Этот продукт имеет высокую скорость вычислений, однако не имеет возможности выполнения кубической аппроксимации, модулей анализа и графического представления результатов.

Исходный код продукта к настоящему времени утерян, поэтому было решено выполнить разработку подобного программного продукта заново.

Для реализации продукта выбран язык программирования python версии 3.3. Язык является современным, в настоящий момент, согласно различным рейтингам [7–10], входит в пятерку наиболее популярных в мире. Разработку значительно упрощают лаконичность языка, широкое использование таких производительных языковых конструкций, как генераторы, лямбда-функции и другие, многофункциональная стандартная библиотека, а также возможность простой установки дополнительных модулей. Графический интерфейс пользователя разрабатывался на основе фреймворка PyQt5. По сравнению с другими фреймворками графического интерфейса для языка Python (PySide, Tkinter, wxWidgets) PyQt5 имеет наиболее полный набор графических элементов, наиболее полную документацию, хорошо описан в технической литературе. Разработчиком PyQt5 является компания Riberbank Computing. Продукт имеет лицензию GPL, которая предоставляет пользователю право копировать, модифицировать и распространять программы, а также гарантировать, что и пользователи всех производных программ получают вышеперечисленные права, при этом запрещая создавать на основе свободной программы под GPL другой проект, не предоставляя его исходники пользователям [11].

Для расчетов использовалась библиотека numpy. Данная библиотека, написанная на C, предназначена для научных вычислений. Библиотека не позволяет создавать коллекции данных с различными типами, как в «сыром» Python, следовательно, не требуется проверка типов при операциях с этими данными и производительность возрастает в разы [12]. В разработанном нами программном продукте библиотека numpy использовалась не только для сложных операций, таких как умножение и обращение матриц, но и для более простых, например, вычисление суммы массива [13].

Для визуализации расчетов использована библиотека matplotlib. Данная библиотека имеет возможность как отображать построенные изображения в отдельном окне, так и встраивать их в окна различных фреймворков графического интерфейса python [14].

Для написания кода использовалась интегрированная среда разработчика JetBrains PyCharm edu, являющаяся самой совершенной средой разработки на языке python, поддерживающая подсветку синтаксиса, автодополнение и т.д.

Интерфейс программного продукта реализован при помощи вкладок. На первой вкладке выполняется ввод либо импорт исходных данных с возможностью редактирования. Далее необходимо выбрать исходный пункт и ввести его высоту. После выполнения расчетов в окне программы отображаются высоты и превышения, вычисленные по методу Христову, разность между вычисленными и измеренными значениями, а также графическое представление результатов – пространственно-временные графики движения пунктов нивелирования в двумерном и трехмерном виде, графики накопления разностей превышений, а также графики поведения каждого из реперов в отдельности.

Отладка программного продукта выполнялась на основе реальных измерительных данных Полоцкого геодинимического профиля, расположенного к северо-западу от г. Полоцк. В данной работе использовались данные 10 циклов (с 2004 по 2015 годы за исключением 2005 и 2014) высокоточного нивелирования на 11 нивелирных пунктах (1 исходный). Таким образом, исходные данные были представлены 100 измерениями [15].

Прибавив вычисленные поправки к полученным по результатам измерений высотам, получили уравненные высоты на эпоху 2003 года (формула (6)). Подставив полученные высоты и значения коэффициентов в формулы ((1)–(3)), вычислили модельные значения высот. Вычитая модельные значения высот конечных пунктов для каждой линии из высот начальных пунктов, получили модельные превышения. Далее сравнили модельные значения высот с измеренными. По формуле (7) нашли среднюю квадратическую ошибку (СКО) для каждой модели. Значения, которые превышают двойную СКО, не согласуются с моделью с вероятностью 95%.

Можно заметить, что с увеличением степени аппроксимации уменьшается число несогласующихся значений. Также примечательно, что во всех трех моделях наибольшее количество несогласующихся значений приурочены к реперу 8372, что, скорее всего, объясняется существованием тектонических разломов по обе стороны от него [15]. Это также подтверждается и на пространственно-временном графике (рисунок 1).

Таблица 1. – Характеристики различных моделей, описывающих движение нивелирных пунктов Полоцкого геодинимического профиля

Характеристика модели	Модель		
	линейная	квадратичная	кубическая
СКО, мм	1,135	0,860	0,768
Число несогласующихся с вероятностью 95% значений	6	5	3

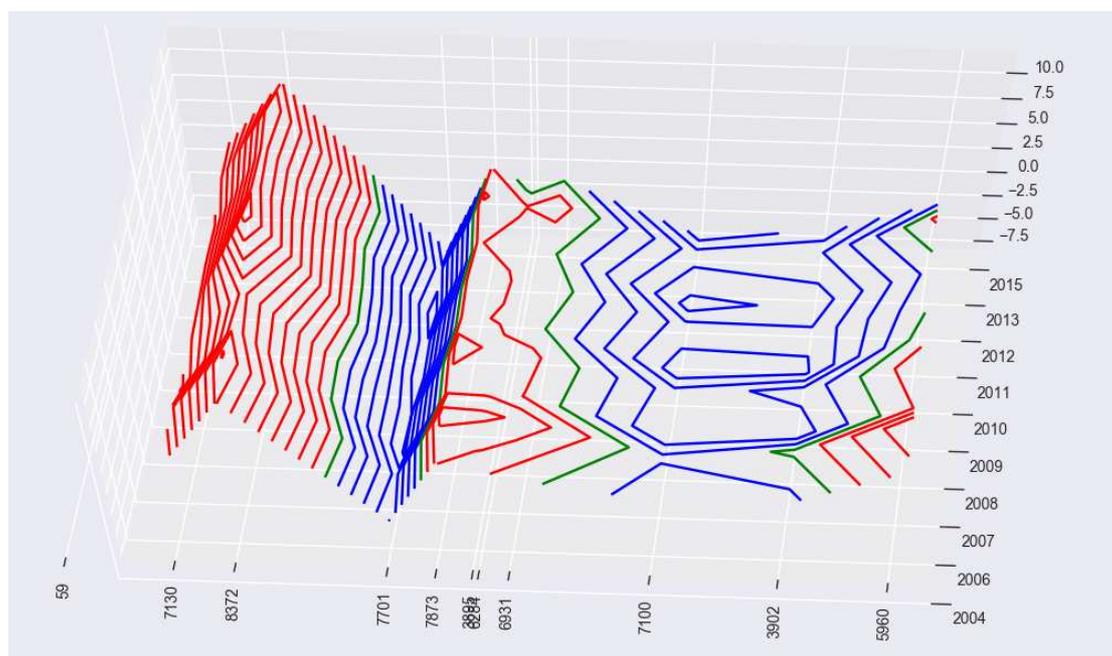


Рисунок 1. – Пространственно-временной график движения нивелирных пунктов Полоцкого геодинимического профиля в трехмерном виде. Синим цветом обозначены отрицательные значения; красным – положительные, зеленым – нулевые

Далее мы рассмотрели накопление разностей превышений для различных моделей. В одних и тех же координатных осях строились два графика: для измеренных значений и для модельных. Рассматривая два графика, можно понять, насколько хорошо согласуется модель с измеренными значениями. Изучив графики для разностей между различными эпохами, мы выяснили следующее:

- графики для более поздних эпох во всех моделях согласуются с измерениями лучше, чем для более ранних;
- графики для моделей с более высокими степенями аппроксимации согласуются с измерениями лучше, чем с более низкими.

Несмотря на то, что среднеквадратическая ошибка кубической аппроксимации наименьшая среди всех моделей, а графики накопления разностей превышений наилучшим образом согласуются с измеренными значениями, можно сделать *вывод*, что кубическая модель наилучшим образом описывает движение нивелирных пунктов. Однако такой вывод нельзя считать окончательным. Необходимо продолжить исследование при наличии большего количества эпох измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пеллинен, Л.П. Высшая геодезия (теоретическая геодезия). – М. : Недра, 1978. – 264 с.

2. Шароглазова, Г.А. Применение геодезических методов в геодинамике / Г.А. Шароглазова. – Новополоцк : ПГУ, 2002. – 192 с.
3. Шароглазова, Г.А. Многодисциплинарный подход к моделированию геодинамических процессов / Г.А. Шароглазова П.С. Долгий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 180–184.
4. Кафтан, В.И. Временной анализ геопространственных данных: кинематические модели : дис. ... д-ра техн. наук / В.И. Кафтан. – М., 2003. – 284 л.
5. Остач, О.М. Методическое руководство по геодезическим работам на геодинамических полигонах / О.М. Остач, В.Н. Дмитроиченков. – М. : ЦНИИГАИК, 1984.
6. Анализ применения метода Христова к исследованию вертикальных движений земной коры / Г.А. Шароглазова [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия В. Прикладные науки. Строительство. – 2008. – № 12.
7. Исследование StackOverflow: JavaScript – самый популярный язык программирования | Dev.by // ИТ в Беларуси | Dev.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dev.by/lenta/main/stackoverflow-2017>. – Дата доступа: 02.02.2018.
8. Топ-10 языков программирования в 2017 году по версии GitHub // Tproger – создано программистами для программистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tproger.ru/articles/github-top-10-languages-2017/>. – Дата доступа: 01.02.2018.
9. PYPL PopularitY of Programming Language // PYPL PopularitY of Programming Language [Electronic resource]. – Mode of access: <http://pypl.github.io/PYPL.html>. – Date of access: 01.02.2018.
10. TIOBE Index | TIOBE – The Software Quality Company // TIOBE Index | TIOBE – The Software Quality Company [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. – Date of access: 01.02.2018.
11. Введение в PyQt5 [урок 1] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://python-3.ru/page/into-pyqt5> – Дата доступа: 05.03.2018.
12. Вандер Плас Дж. Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение / Вандер Плас Дж. – СПб. : Питер, 2018. – 576 с.
13. NumPy – NumPy // NumPy – NumPy [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.numpy.org/>. – Date of access: 03.02.2018
14. Matplotlib: Python plotting – Matplotlib 2.2.2 documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://matplotlib.org/>. – Date of access: 05.08.2018.
15. Инструментальные исследования современной геодинамики в Полоцком регионе : отчет о НИР / Полоц. гос. ун-т ; рук. Г.А. Шароглазова. – Новополоцк, 2013. – 83 с. – № ГБ 0314.

УДК 527.6

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАВИГАЦИИ**Г.И. КОЗЛОВСКАЯ***(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)*

Рассматриваются различные виды навигационных систем, их история развития и характеристики. Уделено внимание навигационным технологиям, реализуемым компанией HERE Technologies.

На современном этапе навигационные системы занимают неотъемлемое место в жизни общества. Сложно представить без них процесс судовождения; их адаптируют для ориентации незрячих, для отслеживания и поиска заданных объектов, мониторинга транспорта и т.п.

Выделяют следующие виды навигационных систем:

- спутниковая система навигации;
- радионавигация;
- инерциальная навигация.

Спутниковые навигационные системы предназначены для определения местоположения (т.е. координат), а также для определения параметров движения, таких как скорость, направление и др. [1]. Началом работ по их созданию считаются 1950-е годы. Впервые в СССР эту идею выдвинул профессор Валентин Семенович Шебшаевич в 1957 году.

В настоящее время в мире существуют глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС (Россия), GPS (США), Beidou и ГАЛИЛЕО, а также региональные навигационные спутниковые системы (QZSS и IRNSS) [2].

На современном этапе наиболее развитой и развернутой является система GPS (от англ. Global Positioning System). Она реализована и разработана Министерством обороны США для военных нужд. Первый GPS спутник выведен на орбиту в 1974 году. В начале 1990-х годов на орбите находилось 24 спутника, они обеспечили полное покрытие всего земного шара. На сегодняшний день на орбиту выведено 32 спутника. Каждый из этих спутников вращается вокруг планеты на высоте около 20 000 километров и делает два полных оборота в день.

GPS работает одновременно в военном и в гражданском режимах. Точность навигации сильно зависит от открытости пространства, от высоты спутника над горизонтом. Не очень высокое наклонение орбит GPS ухудшает точность в приполярных районах Земли [4].

ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) – российская и советская система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. Летные испытания отечественной навигационной системы были начаты в октябре 1982 году в связи с запуском космического аппарата «Космос-1413». Система ГЛОНАСС была принята в опытную эксплуатацию в 1993 году. Точностные характеристики уступали системе GPS, срок активного существования спутника составлял 3–4 года.

Галилео – совместный проект системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства для обеспечения независимости стран членов в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения.

Первый спутник системы Галилео доставлен на космодром Байконур 30 ноября 2005 года; 10 декабря 2011 года был передан первый тестовый навигационный сигнал на Землю спутником Galileo. В конце 2012 года запущены на орбиту еще 2 спутника Galileo, после чего стало возможным первое позиционирование из космоса, поскольку необходимо хотя бы четыре спутника. Сейчас на орбите находится 10 спутников, а к 2020 году их число планируется утроить [3].

Beidou – Китайская навигационная система. Название происходит от китайского наименования звезды Большой Медведицы. Программа Beidou запущена в реализацию в 1993 году. В 2000-х годах началась разработка второго поколения навигационной системы, которая будет обслуживать не только территорию КНР, но и другие районы.

В декабре 2003 года была сдана в эксплуатацию китайская система Beidou первого поколения, это позволило КНР войти в тройку стран, которые владеют собственной спутниковой навигационной системой. В 2006 году было объявлено о создании Китайской глобальной навигационной системы. К 2020 году планируется расширение глобальной навигационной системы до 35 космических аппаратов.

Существуют автомобильные навигационные системы, которые в настоящее время представляют достаточно совершенные в техническом отношении устройства, которые существенно повышают безо-

пасность и комфортность движения. Технология определения местоположения (позиционирования) является фундаментом построения систем навигации транспортных средств и систем слежения за ними.

Радионавигация – часть науки и техники, которая состоит из совокупности радиотехнических методов и различных средств вождения автомобилей, наземных, воздушных аппаратов и других движущихся объектов.

Для увеличения точности прохождения маршрутов движущимися объектами и вывода их в заданный район, применяются радионавигационные методы и средства. Благодаря объединению радионавигационных устройств в определенные системы выполняются все основные задачи навигации.

Инерциальной навигацией является метод определения координат и управление их движением, который основан на свойствах инерции тел, являющийся автономным, т.е. не требует наличия внешних ориентиров. Неавтономный метод решения задач по навигации базируется на использовании внешних сигналов или ориентиров (например, радиосигналов, звезд и т.п.). Методы являются достаточно простыми, но не могут быть реализованы из-за отсутствия видимости или наличия помех. Причиной возникновения инерциальной навигации является необходимость создания автономных навигационных систем.

Разработкой и внедрением навигационных систем, а также поставкой данных для них занимается множество компаний, рассредоточенных по всему миру. Одной из таких компаний является Here Technologies. Она была создана в 1985 году под названием Navteq в США. В 2007 году право собственности передано финской компании Nokia. На сегодняшний день Here Technologies принадлежит консорциуму немецких автомобильных компаний (а именно Audi, BMW и Daimler) [5].

Компания предоставляет картографические данные и геолокационные услуги более чем в 200 странах, предлагая навигацию с голосовыми подсказками, карты с информацией о пробках в реальном времени и т.п., а также активно разрабатывает технологии автономного вождения (рисунок 1).



Рисунок 1. – HERE Technologies в цифрах

Помимо навигации по карте, Here Technologies занимается Indoor-навигацией – поэтажной навигацией в торговых центрах, вокзалах, аэропортах, зоопарках, зданиях университетов и т.д. Реализация Indoor-навигации возможна с использованием различных технологий и методов. При использовании метода позиционирования по Wi-Fi для определения местоположения пользователя используются данные, полученные от точек доступа Wi-Fi. В основе вычисления координат клиента лежит метод триангуляции относительно точек доступа с известными координатами.

Еще один способ Indoor-навигации базируется на технологии «микролокаций» с использованием, так называемых Bluetooth-маячков. Эти устройства построены на беспроводной технологии Bluetooth с низким энергопотреблением. Способ навигация по Bluetooth-маячкам заключается в размещении на территории специальных датчиков, которые и обеспечивают получение данных о месторасположении пользователя. Принцип действия – тот же, что и в случае навигации по Wi-Fi или GSM, однако за счет того, что возможно разместить данные датчики более плотно, качество навигации увеличивается.

Компания Here Technologies также активно сотрудничает с различными университетами ближнего и дальнего зарубежья по обучающим программам в области геоинформационных и навигационных систем. В 2017 году был подписан договор взаимного сотрудничества между Here Technologies и Полоцким государственным университетом. Работа студентов в рамках договора проводилась в двух направлениях. Одно из них заключалось в обучении студентов специальности «География (Геоинформационные системы)» и «Геодезия» работе в геосервисе Map Creator. Второй этап – полевая практика по сбору точек интереса (POI) на территории Полоцка и Новополоцка. Автор принимал непосредственное участие в этих работах. Полученные данные были переданы компании для использования в навигационных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спутниковые навигационные системы и их использование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/304479/filosofiya/sputnikovye_navigatsionnye_sistemy_ispolzovanie#310. – Дата доступа: 10.09.2018.
2. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/glonass.phphttps://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/analyze/arcpy-network-analyst/what-is-network-analyst-module.htm>. – Дата доступа: 10.09.2018.
3. Прикладной потребительский центр и система информационного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prcmnic.ru/gnss/galileo>. – Дата доступа: 10.09.2018.
4. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации / В.С. Яценков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 271 с.
5. Here Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.here.com/en>. – Дата доступа: 10.09.2018.

УДК 527.6

СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «МАНЕЖ» ГОРОДА ПОЛОЦКА

Г.И. КОЗЛОВСКАЯ
(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

Рассматриваются вопросы использования систем навигации внутри зданий. Работа выполнена на примере торгового центра «Манеж» в городе Полоцке с использованием программного продукта ArcGIS. Приведена подробная структура данных разрабатываемой системы.

На сегодняшний день навигационные сервисы используются в различных отраслях науки, экономики, образования. Навигация на дорогах, в открытом пространстве с помощью мобильных сервисов стала нормой жизни. Для торговых центров, университетов, больниц большой интерес представляет навигация внутри здания. Это связано с тем, что данные объекты обычно размещаются в нескольких зданиях, часто соединенных между собой, и для впервые попавших в такие места людей сложно ориентироваться. Сегодня у многих людей имеются мобильные устройства, и найти нужное им место в здании не будет проблемой.

Проект «Система навигации внутри торгового центра «Манеж» города Полоцка» разработан на основе технологий компании Here Technologies с использованием программного продукта ArcGis (рисунок 1) [1].



Рисунок 1. – Рабочее окно проекта

ArcGIS является мировым лидером среди платформ для построения и использования ГИС, а также используется для применения географических знаний в практической сфере управления, науки, образования, бизнеса и СМИ. ArcGIS представляет полную систему, которая позволяет организовывать, собирать, анализировать, управлять и распределять географическую информацию, а также публиковать ее для использования [2].

С помощью ArcGIS можно выполнять следующее:

- создавать на основе карт различные приложения;
- создавать и использовать интеллектуальные карты;
- решать задачи при помощи пространственного анализа;
- создавать базы географических данных и управлять ими.

Основными задачами системы навигации внутри торгового центра являются:

- поиск необходимого объекта торгового центра;
- формирование маршрута до искомого объекта;
- демонстрация путей для эвакуации в случае чрезвычайной ситуации;
- доведение до пользователей срочной информации.

В ходе работы были созданы слои:

- Точки интереса (Polotsk_POI);
- Торговые точки (Polotsk_COMPANIES);
- Слой с торговым центром (Polotsk_BUILDINGS);
- Участок, на котором находится торговый центр (Polotsk_ZONES);
- Контуры внутренних объектов (Polotsk_LOTS) (рисунок 2).

Polotsk_COMPANIES												
FID	Shape*	Id	STORENAME	CATEGORY	ADDRESS	CITY	LANGCODE	ZONEID	LEVEL	BUILDINGID	LOTID	
0	Мультиточка	0	Аптека АДЕЛЬ	PHARMACY	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	1
1	Мультиточка	0	Домашний текстиль	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	2
2	Мультиточка	0	Jolie	CLOTHING STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	3
3	Мультиточка	0	Sport City Shop	CLOTHING STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	4
4	Мультиточка	0	Мария	HOME SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	5
5	Мультиточка	0	НПСН	CLOTHING STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	6
6	Мультиточка	0	Саквяж	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	7
7	Мультиточка	0	Roibos	COFFESHOP	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	8
8	Мультиточка	0	ОМА	HOME IMPROVEMENT& HARDWARE STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	12
9	Мультиточка	0	ЭЛЕКТРОСИЛА	CONSUMER ELECTRONICS STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	9
10	Мультиточка	0	Jeans club	CLOTHING STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	10
11	Мультиточка	0	Остров чистоты	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	11
12	Мультиточка	0	Veraly	CLOTHING STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	13
13	Мультиточка	0	ZKO	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	14
14	Мультиточка	0	Lady Rose	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RST	1	1	1	1	15
15	Мультиточка	0	ЦАРСКОЕ ЗОЛОТО	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	16
16	Мультиточка	0	Мила	SPECIALITY STORE	Vilnyusskoye shosse,1	Polotsk	RUS	1	1	1	1	17

Рисунок 2. – Фрагмент слоя Polotsk_COMPANIES

Структура данных слоев:

1. Слой Polotsk_POI. Слой содержит информацию по точкам интереса, на нем находится 3 объекта: Два входа/выхода и общественный туалет. В таблице атрибутов этого слоя размещены поля: POID (содержит порядковый номер объекта; тип поля – числовой), CATEGORY (содержит название категории объекта; тип поля – текстовый) и LEVEL (номер этажа, на котором находится объект; тип поля – числовой). Объекты слоя представлены в виде мультиточек.

2. Слой Polotsk_COMPANIES содержит 70 объектов, представленных торговыми точками. Таблица атрибутов включает 9 полей: STORENAME (название объекта; тип поля – текстовый), CATEGORY (название категории объекта; тип поля – текстовый), ADDRESS (адрес; тип поля – текстовый), CITY (город; тип поля – текстовый), LANGCODE (язык, на котором приводится название объекта; тип поля – текстовый), ZONEID (идентификатор населенного пункта; тип поля – числовой), LEVEL (номер этажа, на котором находится объект; тип поля – числовой), BUILDINGID (число строений, занимаемых объектом; тип поля – числовой) и LOTID (порядковый номер объекта; тип поля – числовой). Рассмотрим пример заполнения информации об объекте: STORENAME – Домашний текстиль; CATEGORY – speciality store; ADDRESS – Vilnyusskoye shosse, 1; CITY – Polotsk; LANGCODE – rus; ZONEID – 1; LEVEL – 1; BUILDINGID – 1 и LOTID – 2. Объекты слоя представлены мультиточками. Каждая точка должна быть внутри своего полигона LOT.

3. Слой Polotsk_BUILDINGS содержит один объект, который представляет торговый центр. Атрибутивными полями будут являться: ZONEID (идентификатор населенного пункта; тип поля – числовой) и BUILDINGID (число строений, занимаемых объектом; тип поля – числовой). Слой представлен в виде полигона.

4. Polotsk_ZONES – слой, на который нанесена территория торгового центра. На нем размещен 1 объект. Характерными атрибутивными полями будут: LANGCODE (язык, на котором приводится название объекта; тип поля – текстовый), CITY (город; тип поля – текстовый), ZONEID (идентификатор населенного пункта; тип поля – числовой), ZONENAME (название населенного пункта; тип поля – текстовый) и COUNTRY (страна; тип поля – текстовый). Объект представлен в виде полигона.

5. Слой Polotsk_LOTS содержит полигональные контуры внутренних объектов торгового центра. На слое размещено 72 объекта. Атрибутами являются: LOTID (идентификатор объекта; тип поля – числовой), LEVEL (номер этажа, на котором находится объект; тип поля – числовой) и BUILDINGID (число строений, занимаемых объектом; тип поля – числовой).

Топология полигонов достаточно проста – они не должны накладываться друг на друга, и соседние полигоны не должны иметь гэпов между собой.

Разработанный проект передан для реализации в компанию Here Technologies.

ЛИТЕРАТУРА

1. Here Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.here.com/en>. – Дата доступа: 17.09.2018.
2. ArcGIS Resources. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>. – Дата доступа: 17.09.2018.

УДК 004.588:528.087

ВИРТУАЛЬНЫЕ СИМУЛЯТОРЫ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ**М.С. МЫСЛИВЕЦ***(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)*

Рассматриваются характеристики виртуальных симуляторов и задачи, решаемые на их основе, а также их роль в процессе обучения. Уделено внимание использованию симуляторов в процессе подготовки специалистов геодезической сферы

В образовательном процессе важнейшей задачей является освоение и практическое закрепление материала, полученного в виде теории. Этому также способствуют знания, полученные из других областей науки и техники. Однако есть множество причин, из-за которых снижается эффективность получения студентами именно практических навыков:

- во многих учебных заведениях недостаточное количество приборов, с помощью которых учащиеся могли бы приобрести практические навыки;
- имеющиеся приборы дорогостоящие и зачастую в наличии в единичных экземплярах, что препятствует их одновременному массовому использованию;
- студенты не успевают освоить прибор за выделенное для этого им время.

Решению указанных проблем способствует внедрение в учебный процесс программ-симуляторов приборов, в том числе и геодезических. Это также дает уменьшение нагрузки на преподавателей, сокращение затрат на оборудование и возможность использования программного обеспечения на личных компьютерах обучаемых, что, в свою очередь, является огромным плюсом.

Виртуальный симулятор – это мультимедийная программа или аппаратура, которая создает иллюзию взаимодействия с физическим оборудованием. Главная особенность симуляторов заключается в максимальном подобии внешнего вида аппаратуры, а также подробном воссоздании элементов управления этой аппаратурой и, исходя из этого, визуальные изменения, которые объясняются физическими процессами реального прибора в работе.

Виртуальные симуляторы оцениваются по следующим признакам:

- методы обучения соответствуют особенностям формирования у учеников профессиональных навыков;
- возможность многократно выполнять какие-либо операции для закрепления практических навыков;
- простота и возможность лёгкого усвоения материала;
- привлекательность обучения на симуляторе для повышения активности самостоятельной работы студентов на нём;
- максимальная информативная наполненность для формирования практических навыков;
- верные программные алгоритмы для максимально безошибочной работы симулятора;
- совпадение виртуальных реакций и реальных физических процессов;
- исключение непредусмотренных и ненужных действий обучаемым на симуляторе.

Некоторое предназначение виртуальных симуляторов заключается в ознакомлении с внешним видом прибора, также с внутренним устройством и режимами работы. Не менее важным является приведение прибора в рабочее состояние.

Задачи, решаемые с помощью симуляторов:

- оценивание уровня полученных знаний у обучаемых и учёт результатов их подготовки;
- передача навыков выполнения операций на приборах;
- возможность выполнения всевозможных операций на виртуальной модели;
- фиксирование ошибочных действий и информирование обучаемого с советами по устранению таковых.

Для увеличения производительности работы на симуляторе и простоты обучения пользования им необходимо составить методическую документацию с формированием сценария работ, которая была бы удобно применима в системе образования.

Сами виртуальные симуляторы обычно разбиты на два модуля – ознакомительный и обучающий.

Ознакомительный модуль содержит:

- общие сведения о приборе;
- внешний вид прибора и элементов управления им с соответствующими названиями;
- функциональное назначение составных частей прибора; принцип действия и основные характеристики;
- закрепление полученной теории с помощью тестов.

Обучающий модуль содержит такие практические задания, как:

- приведение прибора в рабочее состояние;

- настройка режимов работы прибора;
- снятие отсчётов с контрольно-измерительных элементов; управление прибором с помощью винтов или других элементов управления;
- запись полученных данных, а также возможно их обработка.

При создании симуляторов для учебного процесса используется и третий модуль – информационно-аналитический, который предоставляет возможности для внедрения в систему образования. Например, размещение программы симулятора в локальной сети учебного заведения, использование виртуального симулятора при проведении практических занятий, дополнительная информация по проведению занятий с помощью виртуального симулятора.

Основной задачей при моделировании симулятора является максимально подобное создание виртуального образа самого прибора и его интерфейса, и верное, подобное реальному, функционирование всех элементов управления, а также их адекватная физическая реакция на действия обучаемого.

Если рассматривать использование виртуальных симуляторов в процессе подготовки специалистов геодезической сферы, то с их помощью можно будет обучать как студентов, так и осуществлять контроль уровня подготовки сотрудников строительных и геодезических организаций. Симуляторы геодезических приборов не ограничиваются лишь возможностью виртуального снятия отсчётов, они могут содержать моделирование процессов выполнения поверок приборов, добавление измерений в журнал обработки и, соответственно, дальнейшую обработку этих измерений с пошаговой инструкцией. Порой сложно разобраться в теории по учебнику, но с помощью компьютерной программы, которая с помощью интерфейса пошагово объяснит последовательность вычислений, этот процесс будет заметно упрощен.

К настоящему времени создано множество симуляторов электронных тахеометров. Например, фирмой Leica Geosystems создана программа TPS 1200 Simulation, которая воспроизводит практически все функциональные возможности тахеометра Leica TPS 1200. Интерфейс симулятора полностью соответствует интерфейсу прибора (рисунок 1).

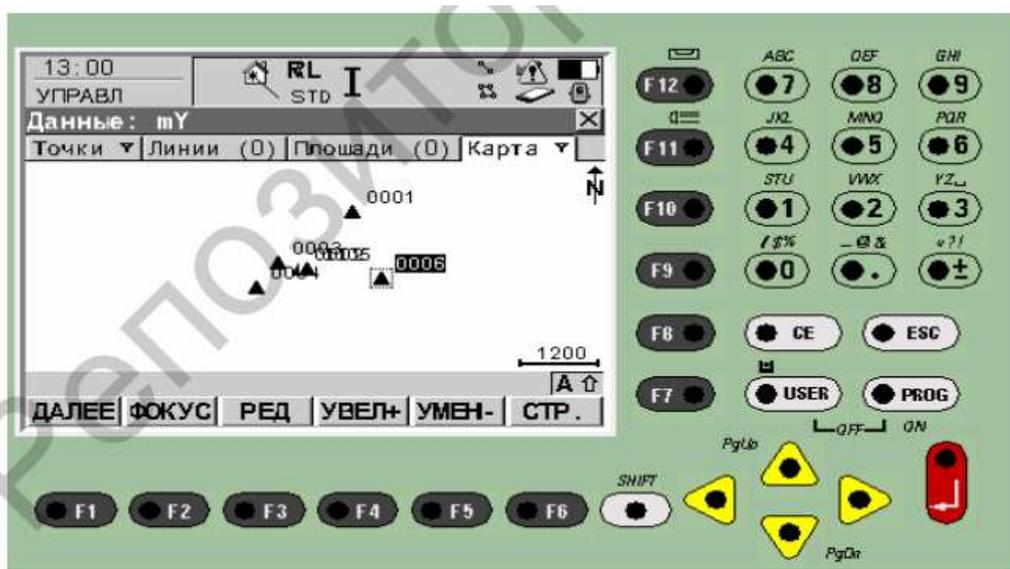


Рисунок 1. – Интерфейс программы-симулятора тахеометра Leica TPS 1200

В заключение следует отметить, что с появлением программ-симуляторов в системе образования можно будет экономить затраты на дорогостоящее оборудование. Процесс обучения работе с приборами заметно увеличится в скорости, так как главная идея виртуальных симуляторов заключается именно в этом. Учебные заведения смогут избавиться от проблемы нехватки приборов на количество обучаемых студентов. Изменится сам подход к проведению лабораторных занятий – они будут практически автоматизированы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюбенко, О.Л. Виртуальные симуляторы в системе высшего военного образования / О.Л. Дзюбенко, М.В. Мищенко, А.О. Коженков. – М. : РУСАЙНС, 2018. – 143 с.
2. Виртуальные симуляторы в системе образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39405>. – Дата доступа: 20.08.2018.

УДК 528.087: 004.588

УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЙ СИМУЛЯТОР ОПТИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ «COUNTDOWN THEO»

М.С. МЫСЛИВЕЦ
(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

Рассматривается учебно-тренировочный симулятор оптических теодолитов «Countdown THEO», разработанный автором для обучения студентов и тестирования их знаний в рамках геодезических дисциплин.

В настоящее время в геодезическом производстве используется широкий спектр приборов, начиная от простых оптических теодолитов и нивелиров и заканчивая дорогостоящими лазерными сканерами и электронными тахеометрами. Для изучения последних разработано достаточное количество симуляторов, таких как SimulatorGeoMax, DTM Simulator, Sdr33 pc emulator и др. Однако для аналоговых оптических приборов достойных внимания симуляторов не выявлено. Поэтому была поставлена задача разработать такой учебно-тренировочный симулятор оптических теодолитов с названием «Countdown THEO», предназначенный для обучения студентов.

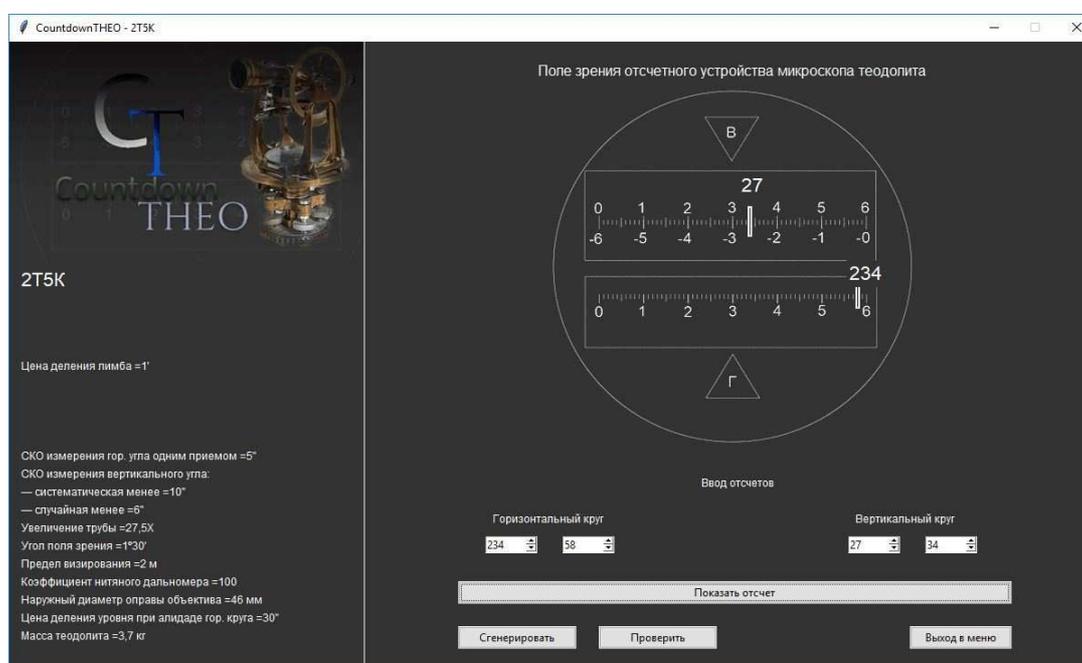


Рисунок 1. – Интерфейс программы-симулятора Countdown THEO

Программа-симулятор разделена на два модуля: ознакомительный и обучающий.

Ознакомительный модуль

После запуска программы необходимо выбрать прибор, с которым студент желает работать. После чего появляется окно, разделённое на две основных области: 3D-модель и область пояснений к выбранному физическому элементу прибора. В области 3D-модели есть возможность вращать трехмерное изображение, выбирать элемент, с которым необходимо ознакомиться. Взаимодействие с 3D-моделью прибора производится с помощью компьютерной мыши. После выбора части прибора, в правой части окна появляется подробная информация о ней.

Также в ознакомительном модуле есть раздел тестов. Тесты в программе используются для усвоения полученной информации и оценки качества знаний обучаемых. После ознакомления с физическими объектами управления прибором, студенту следует запустить тест, нажав соответствующую кнопку.

После заполнения личной информации студенту даётся некоторое количество случайных вопросов по разделу. Окно теста также содержит область 3D-модели с функцией выбора определённой детали прибора в зависимости от вопроса. Тест можно завершить в любой момент. Также можно возвращаться к вопросам либо пропускать их, переходя на следующие.

Для оценки качества знаний обучаемого по окончании теста выводится полученная оценка от 0 до 10. Результат теста сохраняется в не редактируемой базе данных программы для дальнейшего контроля преподавателями и использования полученных оценок при аттестации студентов.

Обучающий модуль

Каждому геодезисту приходится перед новой съёмкой сталкиваться с приведением прибора в рабочее состояние, что является неотъемлемой частью процесса, и в симуляторе также есть возможность научиться правильно выполнять все необходимые для этого действия. Для проверки работоспособности приборов необходимо периодически проводить проверки, что не всегда с первого раза понятно студенту. В программе «Countdown ТНЕО» уделено внимание и этому процессу. При выборе определённой проверки, будет предоставлена пошаговая инструкция с анимированной последовательностью действий.

После выбора прибора включается режим обучения его управлением: проводится пошаговая инструкция в виде высвечивающихся подсказок для каждого элемента управления. Затем студенту приводится пример выполнения задания в 3D-области симулятора. В некотором роде это похоже на видеоигру: управляя прибором, «визируем» на различные точки в пространстве и берем отсчеты для виртуальных измерений. Также обучаемому даётся журнал для записи полученных данных и среда для обработки измерений. Если студент будет выполнять действия, не предусмотренные программой, то он получит сообщение об ошибочных операциях, после чего сможет правильно продолжить работу/обучение.

Язык программирования и вспомогательные среды разработки.

Программа была написана на высокоуровневом языке программирования Python версии 3.6. Этот язык был выбран исходя из возможности довести в будущем симулятор до системы машинного обучения. Машинное обучение в некотором роде является системой искусственного интеллекта, а Python достаточно приспособлен к решению такого рода задач.

```
def btn_CE(hg, hm, vm, vg):
    imgC1 = Label(frameC, image=img_C1, width=396, height=400)
    imgC1.place(x=198, y=-2)
    canvasCh = Canvas(frameC, width=1, height=30, bg='#333')
    labelCh = Label(frameC, text=str(hg), bg='#333', fg='#fff', font='arial 16')
    canvasCv = Canvas(frameC, width=1, height=30, bg='#333')
    labelCv = Label(frameC, text=str(vg), bg='#333', fg='#fff', font='arial 16')
    xx = 247
    d = 5
    xCh = xx+(d-0.077)*hm
    canvasCh.place(x=xCh, y=213)
    labelCh.place(x=xCh - 10, y=193)
    if vg > 0:
        xCv = xx + (d - 0.077) * vm
        canvasCv.place(x=xCv, y=133)
        labelCv.place(x=xCv - 10, y=95)
    elif vg < 0:
        xCv = (xx + (d - 0.077) * 60) - (d - 0.077) * vm
        canvasCv.place(x=xCv, y=133)
        labelCv.place(x=xCv - 10, y=95)
```

Рисунок 2. – Фрагмент программного кода на языке Python для симулятора «Countdown ТНЕО»

Создание 3D-моделей геодезических приборов проводилось в программе Blender, имеющей инструменты для связи физики модели с языком программирования Python 3.6.

Данный симулятор предназначен для обучения работе с геодезическими приборами путем виртуального представления самого прибора и пространства точек для снятия отсчетов, а также для получения и закрепления теоретических знаний о приборах и обработки полученных данных. «Countdown ТНЕО» подготовлен для внедрения в учебно-образовательную программу университетов и других учебных заведений. Программа способна не только давать определённые знания и навыки использования приборов, но также проводить оценку полученных знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюбенко, О.Л. Виртуальные симуляторы в системе высшего военного образования / О.Л. Дзюбенко, М.В. Мищенко, А.О. Коженков. – М. : РУСАЙНС, 2018. – 143 с.
2. Виртуальные симуляторы в системе образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39405>. – Дата доступа: 20.08.2018.

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

<i>Шавлис М.К.</i> Обоснование градостроительного замысла проектирования туристско-рекреационного центра в составе кластера «Гродненщина»	3
<i>Шавлис М.К.</i> Анализ и оценка места проектирования туристско-рекреационного центра в составе кластера «Гродненщина» в системе расселения региона и страны	6
<i>Путрина А.В.</i> Градостроительная социально-культурная среда, территории туризма и отдыха в Могилеве	9
<i>Путрина А.В.</i> Стратегия развития города Могилева на основе генерального плана	12
<i>Василевская В.В.</i> Архитектура синагоги в городе Быхов	16
<i>Василевская В.В.</i> История и архитектурные особенности костёла Вознесения Девы Марии в городе Мстиславле	19
<i>Ярмош О.Ю.</i> Факторы выбора места расположения многофункционального общественного центра	23
<i>Ярмош О.Ю.</i> Многофункциональный общественный центр «BRUTTO»	25
<i>Садовский Д.М.</i> Актуальность городских урбанистических ферм для проектирования в Республике Беларусь	28
<i>Садовский Д.М.</i> Типология городских урбанистических ферм	31
<i>Тяпко Т.О.</i> Современные тенденции организации общественных городских пространств	34
<i>Тяпко Т.О.</i> Формирование доступных общественных городских пространств	37
<i>Ловейко А.В.</i> Архитектурный образ ратуши	40
<i>Ловейко А.В.</i> Ратуши Беларуси	43
<i>Смолякова А.С.</i> На пути к успеху: жизнь и творчество Казимира Малевича	46
<i>Смолякова А.С.</i> Наследие Казимира Малевича в искусстве и дизайне	48
<i>Чернухо А.Н., Бородейко И.В.</i> Особенности деревянной культовой архитектуры на территории Беларуси	50
<i>Бородейко И.В., Чернухо А.Н.</i> Деревянная культовая архитектура в агротуризме на территории Беларуси	54

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Хватынец В.А., Трамбицкий Е.А.</i> Улучшение прочностных характеристик конструкции бетонного основания автомобильных дорог	57
<i>Хватынец В.А.</i> Полистиролбетон дисперсно-армированный отходами производства щелочестойкой стеклосетки	60
<i>Трамбицкий Е.А., Хватынец В.А.</i> Определение напряженно-деформированного состояния бетонного образца с помощью глубинных датчиков	63
<i>Коришунова М.С.</i> Совершенствование методологических подходов к определению нормативных сроков службы зданий и сооружений	66
<i>Чернышов А.Д., Каткульская А.С.</i> Способы повышения водостойкости гипсовых вяжущих	68
<i>Чернышов А.Д., Каткульская А.С.</i> Комплексные модернизирующие добавки для гипсовых вяжущих	70
<i>Белашанка В.И.</i> Конструктивные особенности сальников при проходке трубопроводов через стенку	72
<i>Белашанка В.И.</i> Составы для герметизации стыка труб большого диаметра со стенкой	75

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

<i>Деругин В.В., Разуева Е.А.</i> Технологии получения золошлакощелочных вяжущих	78
<i>Атрашкевич Ю.С.</i> Использование модифицированных бетонов, прослоек, грунтовок в составных бетонных конструкциях	81
<i>Атрашкевич Ю.С.</i> Экспериментальные исследования прочности контактного шва с использованием композиций на основе цементных систем	84
<i>Атрашкевич Ю.С.</i> К вопросу прочности контактного шва в составных бетонных конструкциях с использованием композиций	87
<i>Воробьёв И.О.</i> Использование модификаторов в составных бетонных конструкциях	90
<i>Воробьёв И.О.</i> Экспериментальные исследования прочности контактного шва составных бетонных конструкций, модифицированных Стахемент-2010	92
<i>Воробьёв И.О.</i> Прочность контактного шва составных бетонных конструкций, модифицированных Стахемент-2010	94

<i>Хлебкович Е.А.</i> О влиянии продольных деформаций на параметры напряженно-деформированного состояния двухшарнирной арки	96
<i>Хлебкович Е.А.</i> Влияние разномодульности материала на параметры напряженно-деформированного состояния двухшарнирной арки	100
<i>Бобкова Е.В., Куневич В.А.</i> Процессы упругопластического деформирования по траекториям полигональной геометрии.....	105
<i>Бобкова Е.В., Куневич В.А.</i> Процесс запаздывания при упругопластическом деформировании	107
<i>Семёнов А.А.</i> Использование прослоек в составных бетонных конструкциях.....	109
<i>Семёнов А.А.</i> Экспериментальные исследования сопротивления сдвигу контактного шва с прослойками из цементных систем без модификатора и с гиперпластификатором Стахемент-2010.....	113
<i>Семёнов А.А.</i> К вопросу сопротивления сдвигу контактного шва составных бетонных конструкций с прослойками	116
<i>Радкевич Р.А.</i> Пенобетон и легкие стальные тонкостенные конструкции в зданиях и сооружениях.....	119
<i>Радкевич Р.А.</i> Экспериментальные исследования плит из пенобетона и тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля	122
<i>Радкевич Р.А.</i> К вопросу прочности тонкостенных изгибаемых стальных балок с пенобетонным заполнением	126

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

<i>Кашкур А.А., Ковтун А.О.</i> Технологии утилизации теплоты дымовых газов котлов и их недостатки	129
<i>Кашкур А.А., Ковтун А.О.</i> Эффективность теплопередачи в поверхностных конденсационных теплоутилизаторах.....	132
<i>Москалёнок Ф. И., Сидорова А.Ю.</i> К вопросу выбора расчётной производительности системы горячего водоснабжения при замене кожухотрубных водоподогревателей на пластинчатые	135
<i>Василевич Н.А., Василевич Д.А.</i> Особенности проектирования систем отопления культовых зданий для улучшения микроклимата.....	138
<i>Хоняк Е.А., Дубовец Ю.В.</i> Оценка неравномерности распределения воды разбрызгивающими соплами вентиляторных градирен	142

ГЕОДЕЗИЯ

<i>Долгий П.С.</i> Представление результатов моделирования современных вертикальных движений земной коры в среде ГИС.....	145
<i>Долгий П.С.</i> Разработка программного продукта для моделирования геодинамических явлений методом Христова.....	148
<i>Козловский Г.И.</i> Современные технологии в навигации.....	152
<i>Козловский Г.И.</i> Системы навигации внутри зданий на примере торгового центра «Манеж» города Полоцка	155
<i>Мысливец М.С.</i> Виртуальные симуляторы в системе образования	157
<i>Мысливец М.С.</i> Учебно-тренировочный симулятор оптических теодолитов «Countdown THEO»	159