

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Выпуск 39 (109)

ПРИКЛАДНЫЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Архитектура. Дизайн

Геодезия

Строительные материалы

Строительные конструкции

Трубопроводный транспорт и инженерные сети

Обновляется 1 раз в год

Новополоцк

ПГУ

2021

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель:

проф., д.филос.н. О. А. Романов

Заместитель председателя:

к.пед.н. И. В. Бурая

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

Зам. главного редактора доц., к.т.н. А. А. Бакатович

Архитектура и строительство:

доц., к.т.н. Е. Г. Кремнева
доц., к.т.н. Ю. В. Вишнякова
доц., к.т.н. Е. Д. Лазовский
доц., к.т.н. Л. М. Парфёнова

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. Г. Е. Головань

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК ТРУДОВ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА [Электронный ресурс]. – Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2021. – Вып. 39 (109). Прикладные науки. Строительство. – 1 электрон. опт. диск.

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

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 и дизайн, геодезия, строительные материалы, строительные конструкции, трубопроводный транспорт и инженерные сети.

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

Учредитель: учреждение образования «Полоцкий государственный университет»
211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59 95 44, e-mail: vestnik@psu.by

Компьютерный дизайн *М. С. Мухоморовой*

Техническое редактирование и компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

УДК 69.001.5

МИРОВЫЕ ПРОЕКТЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ

*П. А. БЕСЕДИН, А. Ю. БАРАНОК
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)*

Описана актуальность вертикального озеленения для окружающей среды, благоустройства и озеленения городов. Представлены реализованные проекты вертикального озеленения в мировой практике при строительстве различных зданий.

Организм человека является сложной экосистемой и для полноценной жизни ему требуются три основные и незаменимые вещи – пища, вода и кислород. Если организм лишит пищи, то жировые запасы человека позволят ему просуществовать 2-4 недели. Если лишит воды, человек проживёт максимум 7 дней. С кислородом же дело обстоит по-другому. Достаточно нескольких минут его отсутствия, и наступит летальный исход. Для него не предусмотрены никакие запасы в человеческой экосистеме и именно поэтому он является таким важным фактором для существования. Но развитие общества и цивилизации приводит к уменьшению количества кислорода в атмосфере и увеличению содержания углекислого газа. Постоянная вырубка лесов, загрязнение воздуха и океанов привели к тому, что наша планета не способна справиться с таким большим количеством углекислого газа.

Основными поглотителями диоксида углерода являются «лёгкие» нашей планеты – леса. Они производят порядка 68% всех кислородных запасов. В связи с этим очень важной проблемой является именно развитие зелёных насаждений в городах, которые смогут способствовать уменьшению диоксида углерода [1].

Один из способов решения данной проблемы – это вертикальное озеленение, которое способно изменить внешний облик зданий и сооружений, а также придать особую живописность используемому месту. **Вертикальное озеленение** как способ создания неповторимой композиции ландшафтного дизайна давно покорило сердца многих мегаполисов, в некоторых из них уже можно встретить небоскребы, стены которых покрыты буйной зеленью. Причем это делается не только для того, чтобы украсить окружающее пространство, а улучшить качество воздуха и микроклимат внутри самих сооружений.

Одним из самых ярких примеров зелёной архитектуры 1990-х годов является возведенный в японском городе Фукуока в 1994 году международный бизнес-центр ACROS Fukuoka Prefectural International. Он использует растительность на фасаде и на крыше для создания энергоэффективной и экологически чистой оболочки здания, не забывая о потребности жителей в зелёном пространстве в городской застройке, но обеспечивая при этом и потребности владельца в коммерчески выгодном использовании объекта. Эти две идеи часто не совмещаются у творцов современной инновационной агро-городской модели.

Здание возведено по проекту аргентинского архитектора и промышленного дизайнера Эмилио Амбаса, одного из основателей движения за устойчивость. Архитектор был обеспокоен влиянием строительства на соседний Центральный парк Генджин - единственное зеленое открытое пространство в этой части города. Поэтому в своем проекте он стремился вернуть гражданам Фукуоки всю землю, которую здание заберет у города. Он построил для застройщика здание смешанного назначения, удвоив размер примыкающего парка за счёт создания 15 благоустроенных террас. Здание как бы впустило на себя парк, позволив ему вскарабкаться на весь южный фасад через серию ступенчатых садов. Южная часть расширяет существующий парк за счет ряда террасных садов, которые поднимаются на всю высоту здания и завершаются великолепным бельведером, откуда открывается живописный вид на городскую гавань.

Посетители могут подняться по зигзагообразным лестницам в сад на верхней площадке крыши, чтобы полюбоваться на гавань и окружающие горы. Это не мешает зданию быть фантастически успешным в коммерческом плане, поскольку оно полностью заполнено премиальными арендаторами, готовыми платить по повышенной ставке [2].

В Италии одним из ярчайших примеров реализованного проекта вертикального озеленения является комплекс «Вертикальный лес», строительство которого завершилось в 2014 году. Необыкновенный по своей красоте и конструкционной задумке «Вертикальный лес» стал настоящим украшением Милана, который никогда благоухающей зеленью не мог похвастаться.

Революционной находкой создателей вертикального леса является идея органичного соединения высотных зданий и зеленых ландшафтов. Иначе говоря, Вертикальный лес – это не просто бетонное здание, украшенное кадками с растениями. А самый настоящий лес, состоящий из различных пород деревьев. Для воплощения планов в реальность специалистам понадобились деревья, имеющие различную высоту и жизненный цикл. В общей сложности были высажены более 800 деревьев, около 500 высоких и более 250 – низкорослых. Для расстановки нужных акцентов, были использованы 5 тысяч разнообразных кустарников, более 10 тысяч многолетних зеленых насаждений, огромное число цветов и трав.

Вертикальный лес – поистине поразительная постройка, которая будет менять свой внешний вид, в зависимости от времени года. Все растения, а также их местоположение в рамках здания были подобраны тщательнейшим образом. Весеннее цветение, летняя зелень и осеннее увядание служат своеобразной декорацией, изменяющейся в динамике. По сути здания представляют собой замкнутую экосистему, которая значительно обогащает экологию целого города. Большой массив живых растений стал новым домом для большого числа насекомых, птиц и мелких животных.

Авторы проекта утверждают, что 27-этажный эко-небоскреб и его напарник способны заменить парковую зону площадью в 50 тысяч м². Еще один интересный факт: стоимость всех приспособлений, необходимых для комфортной жизни растений, а также покупка насаждений, увеличили общие затраты на строительство всего на 5%. Если учесть, что положительный эффект «Вертикального леса» будет распространяться за пределами построек, то все дополнительные затраты окупаются с лихвой [3].

В Коломбо недавно открыл свои двери Элитный жилой дом для новых жильцов, которые будут обитать в настоящем раю. «Живой фасад» небоскреба высотой 185 метров в 47 этажей привлекает своим необыкновенным дизайном и становится эталоном для высотного строительства нового поколения. Здание оснащено солнечными панелями для выработки электроэнергии, системой рециркуляции сточных вод и фасадами с зелеными насаждениями, окружающими всю структуру здания.

В жилом комплексе расположено 164 роскошных апартаментов, каждая площадью 213,68 кв. метров, которые предоставляют своим владельцам уединение и спокойствие, несмотря на то, что комплекс расположен в шумном городе. Каждая квартира выходит на террасу с зелеными насаждениями, которые поглощают звук, создают тень и очищают воздух. Для автоматического полива растений установлена система орошения, вода для которой будет поставляться из системы рециркуляции, где собирается дождевая вода и сточные воды из душа и ванной. Эта же обработанная вода используется для смыва в туалетах. Такая оптимизация использования воды помогает сократить потребление водных ресурсов на 45 процентов.

Увеличив площадь крытых террас и используя растения для дополнительной тени, архитекторы смогли добиться того, что ни одно окно здания не подвергается воздействию прямых солнечных лучей. А это в свою очередь означает снижение энергозатрат на кондиционирование воздуха в помещениях. Кроме того, расположение окон в помещениях обеспечивает перекрестную вентиляцию для максимального охлаждения в летнее время года.

Электричество, вырабатываемая солнечными панелями на крыше здания, используется для питания систем обратного водоснабжения и локальной рециркуляции воды, а также освещения общих зон и лифтов. А избыток электричества, сгенерированного солнечными батареями, отпускается в единую энергосистему страны.

Таким образом данный дом – это не просто жилое пространство для жителей, желающих обеспечить себе высокое качество жизни, но и структура, способствующая сохранению и устойчивому использованию природных ресурсов [4].

Результатом совместного творчества известного архитектора Жана Нувеля и ландшафтного дизайнера Патрика Бланка Жилой стал комплекс One Central Park. Его строительство завершилось в 2014 году. Тогда же Совет по высотному строительству и городской среде признал One Central Park лучшим высотным зданием года.

По замыслу архитекторов парк, расположенный в центре участка, плавно поднимается на фасады стеклянных башен. Самую высокую из них венчает масштабная консоль, где находятся самые дорогие пентхаусы. Кроме того, на ней расположены специальные зеркала, отражающие солнечные лучи и направляющие их на сады внизу.

Чтобы разместить растения на фасаде, были установлены индивидуально спроектированные ящики, которые поддерживаются плитами пола. Для наружных вертикальных садов использовалось 350 разновидностей растений, которые способны нормально расти на высоте 116 метров при сильном ветре и жарких солнечных лучах. Растения поливаются сточными водами жилого комплекса, прошедшими специальную очистку. В этом плане One Central Park является примером устойчивой архитектуры, а не просто использует растения для эффектного и дорогого в эксплуатации декора [5].

В английском городке Бери-Сент-Эдмундс трёхэтажный дом, расположенный в заповедной зоне, архитекторы превратили ничем не примечательное здание в местную достопримечательность. Руковод-

ствуюсь принципами строительства домов в природном стиле, дизайнеры решили обшить стены дома деревом и украсить их вьющимися растениями. Для этого использовали клематисы и глицинию. По словам разработчиков, сочетание двух растений, с разной продолжительностью цветения, значительно расширяет возможности по декорированию стен.

Глициния начинает цвести весной, а распутившиеся бутоны клематисов украшают стены до середины осени. Даже после того, как цветение закончилось, побеги декоративных вьющихся растений, оплетая стены, создают необычный эффект «запущенного сада».

Также интересны технические нюансы реализации этого проекта. Деревянный фасад представляет собой модульные блоки, навешиваемые на специальные кронштейны, закреплённые на стенах. Между панелями и стенами оставлен воздушный вентиляционный зазор. Система висячего сада собиралась из деревянных балок, набранных из двух досок в виде каркаса. Балки скреплялись друг с другом при помощи болтов и металлических пластин. Каркас закрепили на выносных опорах.

Для создания основы под вьющиеся растения между «рамами» деревянного каркаса натянули трос из нержавеющей стали. Кроме этого, на окна поставили деревянные жалюзи. Сочетание дерева, стали и живых растений делает дом неординарным и запоминающимся. За многолетний период эксплуатации фасада изменился первоначальный цвет древесины, обработанной защитными пропитками против насекомых-вредителей. Дизайнеры подчеркнули, что не стали красить дерево, которое со временем выцвело, т.к. состарившаяся и посеревшая поверхность эффектно смотрится на фоне зелёных побегов вьющихся растений [6].

Мероприятия по улучшению окружающей среды, благоустройству и озеленению городов и населённых мест в настоящее время становятся все актуальнее. Озеленённые пространства современных городов и мегаполисов чаще всего объединены в динамически взаимосвязанную систему. Данный вид озеленения имеет массу преимуществ в функциональном назначении, чем оправдывает свое активное использование мастерами вертикального озеленения.

Приведённые в статье проекты реализованных вертикальных озеленений в мире показывают ценность данного вида озеленения, которая заключается в создании благоприятного микроклимата у дома, благотворно влияющего на здоровье его жителей. Именно по этой причине есть большая уверенность что реализованных проектов с вертикальным озеленением в мире будет становиться с каждым годом только больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слесарев, П.В. Вертикальное озеленение городской застройки и сооружений / П.В. Слесарев // Academy. – 2016. – № 8. – С. 16–17;
2. Acros Fukuoka – «пионер» зеленой архитектуры [Электронный ресурс] / сайт Adcity – Режим доступа: <https://adcitymag.ru/acros-fukuoka-pioner-zelenoj-arxitektury/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
3. Небоскрёб Боско Вертикале: Вертикальный лес в Милане [Электронный ресурс] / сайт ITALY4ME – Режим доступа: <https://italy4.me/lombardia/milan/neboskryob-bosko-vertikale-vertikalnyj-les-v-milane.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
4. Многоэтажный жилой дом в Шри-Ланке станет самым высоким в мире вертикальным садом [Электронный ресурс] / сайт Взавтра – Режим доступа: <https://www.vzavtra.net/ekozdaniya/mnogoetazhnyj-zhiloj-dom-v-shri-lanke-stanet-samym-vysokim-v-mire-vertikalnym-sadom.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
5. Топ-10 зданий с вертикальным озеленением [Электронный ресурс] / сайт Ruarchitime – Режим доступа: https://www.architime.ru/specarch/top_10_green_houses/green_houses.htm / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
6. Дом, как сад: система вертикального озеленения [Электронный ресурс] / сайт ForumHouse – Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/7254-dom-kak-sad-sistema-vertikalnogo-ozeleneniya/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;

УДК 69.001.5

ВЕРТИКАЛЬНОЕ ОЗЕЛЕНЕНИЕ В БЕЛАРУСИ

П. А. БЕСЕДИН, А. Ю. БАРАНОК
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)

Рассмотрено положение вертикального озеленения в Беларуси. Представлены проекты озеленения, не реализованные в стране ввиду различных причин. Приведены варианты вертикального озеленения фасадов зданий и сооружений, доступных для Беларуси. На примере Заводского района города Минска описано озеленение малых архитектурных форм.

Вертикальное озеленение сегодня все чаще приходит в нашу жизнь с осознанием значимости живых растений в решении экологических проблем современного мира и эстетических потребностей человека. Урбанизация заставила расти города вверх, оставляя все меньше места для зелени на фоне асфальта и тротуарной плитки. Вслед за небоскребами потянулись также новые технологии вертикального озеленения интерьеров, зданий и ландшафтного дизайна, позволяя на небольшой горизонтальной площади размещать целые вертикальные сады и плантации растений сельскохозяйственного назначения [1].

Как способ создания неповторимой композиции ландшафтного дизайна **вертикальное озеленение** давно покорило сердца многих мегаполисов, в некоторых из них уже можно встретить небоскребы, стены которых покрыты буйной зеленью. Причем это делается не только для того, чтобы украсить окружающее пространство, а улучшить качество воздуха и микроклимат внутри самих сооружений.

В вопросе осуществления вертикального озеленения зданий и сооружений в Беларуси наша страна находится на первоначальном этапе, и этот вопрос требует глубокого изучения и внимания со стороны государства. Одним из проектов здания с зелеными террасами должен был стать головной офис «Белгазпромбанка» между станциями метро «Спортивная» и «Кунцевщина», представляющий собой стеклянное здание с вертикальным озеленением (рис. 1).



Рисунок 1. – Проект головного офиса «Белгазпромбанка»

Изменившиеся пожарные нормы позволили архитекторам пройти к структурному остеклению – в будущем здании финансового назначения, где располагается центр обработки данных с самыми современными системами охлаждения с окнами от пола до потолка. На фасаде здания запроектировано множество террас – на них должны были появиться много туй, кипарисов и можжевельников, устойчивых к белорусскому климату.

По итогу в конце 2014 года было построено современное здание с ломаным фасадом с консолями. Фасад выходит на южную сторону, но если ехать с западной стороны, то можно лицезреть один свет, а если с восточной – другой [2].

Из-за достаточно тяжелых климатических условий, почти полгода зима, а это и уборка снега, и сохранение растений от промерзания, проект с вертикальным озеленением не состоялся, а жителей и гостей столицы радует современное здание с динамичным образом.

В Беларуси также известен проект минских архитекторов о возведении двухуровневых двориков на крышах для отдыха жителей в микрорайоне Восток-1 в Минске. На одном из таких домов экспериментальный сад просуществовал два года. Но, данный эксперимент не был завершен из-за разногласий между жильцами домов и властями города [3].

Не глядя на неудавшиеся проекты, вертикальное озеленение в Беларуси на протяжении долгого времени успешно используют для создания оригинального дизайна фасады здания. Преимущество этого способа озеленения заключается в том, что можно довольно легко озеленить довольно большие по ширине и высоте пространства, при этом зеленая стена имеет сравнительно небольшую глубину.

К тому же растения, применяемые для такого украшения, растут довольно быстро, поэтому в течение короткого времени можно создать зеленую стену. Вертикальное озеленение можно применять для оформления дома, беседок, террас, каменных стен.

При озеленении зданий или каменных стен растения располагаются по их поверхности (рис. 2). Они могут прикрепляться лозами непосредственно к самим стенам или опираться на специальные решетки.



Рисунок 2. – Озеленении фасада зданий в Новополоцке

При вертикальном озеленении необходимо учитывать архитектурные особенности здания: растения должны подчеркивать архитектурные достоинства здания или стены, а не закрывать их. Нехорошо, если резные ставни будут так увиты плющом, что их нельзя будет закрыть, или если листва закроет их красивые детали.

При озеленении здания необходимо учитывать то, что это может со временем привести к разрушениям отдельных деталей здания или даже нарушить целостность перекрытий. Особенно это касается растений с мощными, быстро растущими лианами. Например, стебли глицинии могут повредить кровлю дома. Виноградные лозы в состоянии закрыть оконные проемы. В комнате станет тихо, но одновременно большие виноградные листья будут препятствовать доступу света и воздуха в помещение [4].

Помимо вертикального озеленения стен зданий и сооружений в Беларуси актуальным направлением является озеленением малых архитектурных форм. В августе 2021 года в районе пересечения МКАД и ул. Уборевича установили 7-метровую конструкцию для вертикального озеленения с 2,5 тыс. цветов с автоматическим поливом. Управление системой происходит через специальное мобильное приложение, полив автоматизирован, работники нужны только для наполнения резервуара водой, если она заканчивается. Такая технология позволяет выполнять полив растений более бережно и с применением оптимального количества жидкости.

В нынешнем году в Заводском районе на площади Ванеева также установили уникальный въездной знак с системой полива цветов, растущих на нем. Еще один такой планируют поставить в 2022 г. на пересечении МКАД и ул. Илимской.

Озеленители района продолжают работать над созданием в Заводском своего уникального стиля с озеленением фасадов и крыш и другими изюминками. Что касается общих тенденций, акцент сделают на более пышном озеленении и цветочном оформлении главных транспортных артерий района. В следующем году в районе укрупнят ряд существующих цветочных композиций, появятся и новые цветники. Например, на ул. Академика Красина в микрорайоне Сосны планируют оформить клумбу с малой архитектурной формой в виде атома в центре.

Для вертикального озеленения намечено использовать 1359 конструкций и 1832 кашпо, в которых будут расти 16 тыс. ампельных цветов. Как и в других районах, в Заводском взяли курс на более широкое применение многолетних цветов и создания композиций из них. В 2022 г. намечено высадить 6 282 многолетника. Это позволит разместить цветочные композиции на большей площади, сократив при этом применение однолетних растений с 116 тыс. в нынешнем году до 87 тыс. в следующем. Для дополнительного озеленения МКАД осенью вдоль участка трассы, проходящего по территории Заводского района, намечено посадить почти 38 тыс. кустарников, в том числе 6,7 тыс. – на пересечении кольцевой с пр. Партизанским. Стоит отметить, что подобные решения по озеленению намечены не только в районах Минска, но и различных городах и районных центрах Беларуси [5].

Программа социально-экономического развития Беларуси на 2021–2025 гг. содержит основные направления деятельности строительной отрасли по обеспечению экологичности, здорового образа жизни, комфортности проживания людей путем внедрения принципов зеленого строительства. К сожалению, пока не удастся реализовать глобальные проекты вертикального озеленения как в других странах по причине того, что большинство систем предназначены для выращивания теплолюбивых растений и имеют высокую стоимость оборудования и энергозатрат в период эксплуатации. При этом, с каждым годом становится всё больше проектов озеленения фасадов здания и малых архитектурных форм, что положительно сказывается на микроклимате городов, благодаря способности ускоренной переработке зеленых насаждений углекислого газа в кислород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертикальное озеленение системами «minigarden» [Электронный ресурс] / сайт студии ландшафтного дизайна «dreamland» – Режим доступа: <https://greenmaster.by/vertikalnoe-ozelenenie/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
2. В Минске появится новое здание с зелеными террасами [Электронный ресурс] / сайт citydog – Режим доступа: <https://citydog.by/post/zelenye-terrasy/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
3. Бондарик, В. Е. Социально-экологические проблемы в условиях уплотненной застройки в городе Минске / В. Е. Бондарик, Е. А. Денисюк, А. Н. Свидинская ; науч. рук. Т. М. Архангельская // Актуальные проблемы энергетики: материалы 72-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Строительный факультет. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 83 – 87;
4. Вертикальное озеленение [Электронный ресурс] / сайт stroymart – Режим доступа: <http://www.stroymart.com.ua/ru/publications/15328/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
5. В Минске внедряют элементы вертикального озеленения, которые поливают себя сами [Электронный ресурс] / сайт Минск новости – Режим доступа: <https://minsknews.by/v-minske-vnedryayut-elementy-vertikalnogo-ozeleneniya-kotorye-polivayut-sebya-sami/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.

УДК 620.91/98

ДИРИЖАБЛЬ КАК МОБИЛЬНАЯ ГОСТИНИЦА**Н. В. БРЫТИКОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. Д. ЖУКОВ)*

В статье рассмотрены некоторые важные вопросы, которые относятся к разработке дизайн-концепции дирижабля как мобильной гостиницы. Этот объект должен быть, с одной стороны, целостным, выразительным с художественно-образной точки зрения, а с другой – предельно функциональным в широком смысле слова, то есть, помимо прочего, надежным, экономичным, энергоэффективным и энергоактивным, а также комфортабельным.

В мире все больше осознается тот факт, что одна из ключевых задач по обеспечению устойчивого развития человеческой цивилизации – это разработка и внедрение мер, позволяющих максимально эффективно использовать энергию. Это означает и создание так называемых энергоактивных объектов, способных самостоятельно преобразовывать в целях собственного функционирования возобновляемую энергию, прежде всего солнечную и ветровую, в энергию потребления – главным образом электрическую и тепловую.

При этом следует понимать, что современные энергетические решения не должны отменять повышение качества жизни в ее совокупности. Это относится и к такой новой туристической сфере как путешествия на дирижаблях. Причем важную роль в ее становлении призваны сыграть дизайнеры. Ведь их задача – разрабатывать сбалансированные общие решения проектируемых объектов, в том числе дирижаблей как мобильных гостиниц, или дирижаблей-гостиниц, ориентируясь в своей работе в первую очередь на реализацию так называемых законов красоты.

Проявление ведущего из них – достижение целостности дизайн-объектов вообще и дирижаблей-гостиниц в частности. Под целостностью, которую называют основным законом композиции и в случае дизайна, понимают «передачу, посредством композиционного построения, основного замысла, идеи произведения, единое образное решение» [1]. Наряду с композиционной целостностью одновременно следует добиваться также и стилевой целостности. Оба эти вида целостности тесно взаимосвязаны и очень важны в случае дирижаблей-гостиниц. Ведь их пассажиры во время путешествия хотят наслаждаться не только завораживающими видами из окон-иллюминаторов, но и совершенством взявшего их на свой борт воздушного судна.

Очевидно, дирижаблю-гостинице надлежит быть и выразительным в художественно-образном от-ношении. Это значит – узнаваемым, интересным, притягательным для пассажиров, позитивно влияющим и на их разум, и на их чувства, дающим разыгаться воображению. В противном случае такое произведение дизайна, как дирижабль-гостиница не будет востребованным и окажется негодным товаром.

Объемную форму дирижабля-гостиницы можно считать средством выражения его внутреннего содержания, прежде всего функции, во многом именно за счет соответствующего внешнего облика. Причем это относится как к экстерьеру данного воздушного судна, так и к его интерьеру. А поскольку форма материальна, ее выразительность достигается с помощью соответствующих частных средств: пропорций, ритма, геометрических характеристик, цвета, фактуры и т.д.

В форме дирижабля-гостиницы задаются разные социокультурные смыслы, в расчете на то, что его пассажиры их поймут, осознают, прочувствуют. Стоит подчеркнуть, что свое выражение эти смыслы получают в процессе не просто проектирования, а проектирования художественного, точнее, художественно-образного. В его рамках выразительность призвана служить средством оптимизации образной информативности или, иначе говоря, средством точного дозирования образности дизайн-объектов.

Лишь при таком проектировании достижимо создание едва ли не идеальной формы, отражающей гармоничное сочетание функции, конструкции, материалов и технологии.

В данной работе рассматриваются также варианты интеграции туристических дирижаблей с их инфраструктурными объектами как в природную, так и в урбанизированную среду.

На данный момент времени накоплен немалый опыт в строительстве дирижаблей и их использовании в качестве не слишком дорогого туристического транспорта. К слову, дирижаблем называют управляемый аэростат, который способен передвигаться с достаточно большой скоростью на сравнительно больших высотах.

В качестве прототипа туристического дирижабля выбран дирижабль жесткого типа «Гинденбург», так как он обладал большей несущей способностью и надежностью по сравнению с дирижаблями нежесткой конструкции. Разрабатываемый дирижабль имеет массивную с виду конструкцию

плавных криволинейных очертаний. На рис. 1 показан один из вариантов его общего дизайнерского и технического решения.



Рисунок 1. – Общий вид туристического дирижабля в полете

Энерговооруженность перемещающегося зачастую выше туч и облаков дирижабля-гостиницы существенно выше, чем аналогичной по полезному объему и площади обычной, наземной, гостиницы. На достаточно большой высоте и число часов солнечного сияния, и энергия ветра намного больше, чем вблизи земли и на земле. Благодаря, помимо прочего, ветроэнергетическим установкам дирижабль «в силах» добиться полной функциональной автономии и даже находиться в воздухе постоянно.

Для снабжения экипажа и пассажиров дирижабля-гостиницы, в частности, питьевой водой и продуктами питания предлагается создать специальные наземные базы. Это сооружения, основным элементом которых служит специальная башня, к которой причаливают дирижабли-гостиницы. Для поддержания длительной или, возможно, постоянной автономности дирижабля-гостиницы, его внешнее обслуживание может осуществляться прямо в полетном режиме посредством специальных сервисных дирижаблей.

Обеспечение дирижаблей-гостиниц горячей водой предполагается за счет солнечных коллекторов и тепловых насосов, размещаемых на их корпусе. Электричество должно вырабатываться с помощью, например, четырех расположенных по бокам дирижабля вертикально-осевых ветроэнергетических установок, роторы которых имеют по три геликоидных лопасти [2], а также фотоэлектрических панелей. На рис. 1 показан вариант с четырьмя указанными ветроустановками. Возможен вариант использования ветроустановок, дополненных пространственными концентраторами ветрового потока [3].

Канализация дирижабля-гостиницы – замкнутого типа, работающая по принципу рециркуляции канализационной жидкости. Этой жидкостью перед вылетом дирижабля-гостиницы заполняется специальный резервуар. Во время полета отфильтрованная жидкость используется повторно, для смыва унитазов например. В резервуар следует добавлять вещества для обеззараживания и дезодорирования канализационной жидкости. Все нечистоты из дирижабля-гостиницы может забирать сервисный дирижабль. Он же, если дирижабль-гостиница находится в полете, заправляет его канализационный резервуар свежими веществами.

В гондольной части дирижабля-гостиницы располагается смотровая площадка со своим интерьером. Кстати сказать, дирижабль-гостиница не может эффективно функционировать без системы умного дома, отвечающей и за обслуживание предметно-пространственной среды этого воздушного судна. Поскольку мебель и интерьерное оборудование решаются в виде модульных конструкций, некоторую часть всего этого для экономии места и создания большего свободного пространства предполагается «прятать» в стенах (корпусе дирижабля) и возвращать на функциональное место или по сигналу пользователя, или автоматически за счет возможностей системы умного дома. При этом элементы интерьера должны быть максимально вариативными (рис. 2)



Рисунок 2. – Фрагмент интерьера дирижабля-гостиницы

В заключение стоит подчеркнуть, что ведущим аспектом работы по разработке концепции или, что точнее в данном контексте, дизайн-концепции дирижабля как мобильной гостиницы является стремление к достижению целостности и художественно-образной выразительности этого дизайн-объекта. В ином случае поставленные задачи вряд ли могут быть решены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салханова, Ж.Р. Композиционные основы дизайнерской деятельности / Ж.Р. Салханова // rusnauka [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/NIO_2007/Pedagogica/18517.doc.htm. – Дата доступа: 02.09.2021.
2. Жуков, Д.Д. Ветроустановки и здания / Д.Д. Жуков // Архитектура и строительство. – 2017. – № 5. – С. 64–67.
3. Жуков, Д. Ветрогенератор и дом как единое целое / Д. Жуков, А. Кучерявый, О. Николаева, Ю. Трофименко // Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. – 2011. – № 09. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/2011/09/10911.html>. – Дата доступа: 19.01.2019.

УДК 7.017.4

ЦВЕТ И РЕБЕНОК**М. С. ЖИЩЕНКО, А. О. ХРИЩАНОВИЧ**
(Представлено: А. А. БОРОВКОВА)

В данной статье рассматривается роль цвета в жизни ребенка, особенности воздействия цвета в его окружении на психическое и психофизиологическое состояние. Также рассматриваются особенности применения цвета при создании архитектурной среды для детей.

Цвет в жизни ребенка воздействует на него на психофизиологическом, психологическом и эстетическом уровнях. Научные исследования подтверждают, что цвет способствует развитию мозга ребенка, его творческих способностей и воображения, а также влияет на настроение, эмоции и действия.

В период младенчества, зрение - это единственное, что позволяет ребенку познавать окружающий мир. На протяжении 5-6 лет, не умея читать или писать, дети больше всего полагаются на визуальные средства связи, цвет является для них одним из наиболее важных источников внешней информации и способом самовыражения.

Окружающая среда ребенка: дом, детский сад, кружки для пассивного и активного отдыха, - способствует обучению и развитию ребенка. Однако, окружающая среда способна оказать как позитивное, так и негативное влияние, препятствуя развитию потенциала ребенка.

Влияние цвета на эмоциональный фон ребенка варьируется от возбуждения до спокойствия и вдохновения. Цвет может создать или положительную реакцию, или вызвать отрицательную, воздействуя на состояние ребенка как раздражитель. На физиологическом уровне чрезмерное воздействие раздражителей может отмечаться учащением дыхания и пульса, повысится артериальное давление, а также вызвать тяжесть в мышцах. Отсутствие каких-либо раздражителей наоборот, может привести к тревоге, бессоннице, нервозности и потере концентрации. Например, полностью белая среда может вызвать у ребенка нежелание что-либо делать. Отсутствие каких-либо акцентов приводит к отсутствию стимула и рассеянности, из-за невозможности зацепить за что-то свое внимание.

По наблюдениям ученых, маленькие дети выбирают яркие цвета для обозначения положительных эмоций, темные - для отрицательных. Они также определили какие чувства ассоциируются у большинства детей с тем или иным цветом: красный - злость, синий - грусть, желтый - счастье и зеленый радость. Данное исследование показало, что цвета могут быть очень полезны в распознании детских чувств, благодаря им ребенок может донести свое эмоциональное состояние до окружающих.

Красный – это самый будоражающий цвет, он вызывает у ребенка азарт, волнительность, повышает аппетит, но может служить и раздражителем. Среди остальных цветов, он привлекает к себе наибольшее внимание, и его чрезмерное воздействие вызывает напряжение, агрессию, нарушение способности к концентрации внимания и головные боли. Поэтому, использование большого количества красного цвета на стенах детских комнат, предназначенных для сна, отдыха и учебы не рекомендуется. Однако, его можно использовать в сочетании с другими цветами, так как красный создает сильный тепловой эффект, и его акценты в школьных комнатах могут помочь в решении задач, направленных на повторение материала и его запоминание.

Оранжевый - это теплый цвет, который отлично подходит для использования в оформлении детских садов, так как он вызывает чувство уверенности и независимости у детей. Способствует общению и работе в команде, развивает экстраверсию. Этот цвет ассоциируется с развитием и успехом, является символом жизнерадостности, а также придает больше энергии и эмоциональной силы. В психологическом аспекте оранжевый успокаивает и снимает напряжение. Тяга к оранжевому часто проявляется у разносторонних и творчески одаренных людей, с художественным мышлением и богатством идей. Хорошо подходит для использования в комнатах детей-интровертов с проблемами в общении, а также в детских садах, в зоне активного отдыха детей. Однако, изобилие в применении оранжевого цвета может привести к появлению ряда негативных эмоций. Для уменьшения влияния воздействия цвета на человека, можно использовать менее насыщенные оттенки.

Желтый – это цвет счастья и позитива, он стимулирует память, повышает концентрацию, ускоряет обмен веществ. Идеально подходит для детских комнат, учебных классов и зон для подвижного отдыха. Однако интенсивное воздействие желтого может вызвать напряжение, чувство разочарования, стресса и даже гнева. На совсем маленьких детей он оказывает раздражительное влияние, из-за чего младенцы могут больше плакать.

Синий – это цвет вызывающий чувство спокойствия и безмятежности, он является полной противоположностью красного. Психологически холодный и успокаивающий, создает расслабляющую атмо-

сферу, усиливает творческие способности, снижает аппетит, ассоциируется с небом и океаном. Этот цвет идеально подходит для детских садов и комнат, предназначенных для гиперактивных детей, так как он подавляет агрессию, обладает успокаивающим эффектом, улучшает концентрацию и внимание, помогает быстрее уснуть. Но использование синего цвета в избытке может вызвать чувство угнетения и печали.

Зеленый – это естественный и прохладный цвет, оказывающий успокаивающее воздействие на нервную систему и способствующий улучшению здоровья ребенка. Ученые также доказали, что зеленый помогает детям быстрее усваивать информацию и повышает скорость чтения. Чрезмерное количество зеленого может работать в качестве снотворного и навеивать скуку, поэтому использовать его оттенки в игровой зоне не стоит.

Фиолетовый – это сочетание двух противоположных друг другу цветов, красного и синего, которые вызывают противоположное воздействие на человека. Исходя из этого сочетания, разные оттенки фиолетового также оказывают разное влияние, в зависимости от того, какой цвет преобладает. Ассоциируется с самоуверенностью и мудростью. Фиолетовый, как и оранжевый, стимулирует творческое развитие мозга, также оказывает успокаивающее воздействие, помогает снять напряжение с глаз и уменьшает усталость. В связи с его успокаивающими свойствами может использоваться в комнатах активных и слишком эмоциональных детей. Фиолетовый позволяет пробудить в детях сочувствие и сострадание. В детских садах рекомендуется использовать в зонах творческой деятельности детей. Чрезмерное использование фиолетового может вызвать беспокойство, поэтому стоит применять его акцентами.

Розовый цвет является самым пассивным с психологической точки зрения. Он успокаивает и расслабляет, снижает уровень агрессии и снижает раздражение. Также розовый поднимает настроение и способствует общению. Большое количество розового цвета может быстро вызвать утомление и угнетение, так как он выглядит «ненатурально» и редко встречается в природе, что повышает нагрузку на глаза. Для более спокойного воздействия можно сочетать его с белым, благодаря чему он становится более мягким и нежным. Не стоит использовать большое количество розового цвета в комнатах замкнутых детей, так как он только поспособствует их еще большей закрытости. В детских садах рекомендуется использовать в зонах активного отдыха.

Коричневый цвет может возникать при сочетании разных цветов. В зависимости от оттенка в нем может присутствовать различное количество желтого, оранжевого, красного, зеленого, фиолетового и других цветов. Исходя из этого, при преобладании определенных цветов может оказываться то или иное влияние на человека. Но, несмотря на это, коричневый в основном обладает позитивными свойствами. Он является успокаивающим, ассоциируется с комфортом, теплом и защитой, помогает сконцентрироваться. Коричневый является наиболее природным и естественным, цветом дерева, что также уменьшает раздражительность. В больших и открытых пространствах он поможет сделать помещение более уютным. Также коричневый является хорошим фоном для других, более ярких цветов. Для использования в интерьере детских комнат рекомендуется использовать в учебной зоне. [1-3].

Цвет – окружает нас постоянно и влияет на наши эмоции, мысли и поведение. Формирование цветовой среды для ребенка является важным фактором в его развитии и становлении личности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Effects of Color on Children [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://medium.com/wizitupelearning/effects-of-color-on-children-b344d064fc70> - Дата доступа: 24.07.2021
2. The Effects of Colors on Children [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://renketkisi.com/en/the-effects-of-colors-on-children.html> – Дата доступа: 24.07.2021
3. Буренкова О.А. Влияние цвета на психофизиологическое состояние личности // Успехи современного естествознания/ Буренкова О.А. – Москва., 2013. – № 10. – С. 153-154;

УДК 7.017.4

АРХИТЕКТУРА ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗА РУБЕЖОМ

М. С. ЖИЩЕНКО, А. О. ХРИЩАНОВИЧ
(Представлено: А. А. БОРОВКОВА)

В данной статье рассматриваются зарубежные аналоги дошкольных учреждений, а именно особенности экстерьера здания и его способность влиять на развитие и эмоциональное состояние ребенка.

В период дошкольного возраста происходит начальная социализация и быстрое развитие ребенка: формируются физические и психические качества, необходимые для человека на протяжении всей его жизни. Среда, в которой развиваются дошкольники, оказывает влияние на формирование их личности.

На сегодняшний день, на территории нашей республики большая часть детских садов представлена типовыми проектами советского периода. Актуальной проблемой в архитектуре типовых проектов является устаревший образ детского учреждения.

Детский сад Кекес в Словении. Детский сад Кекес является пристройкой существующего жилого дома. Здание реализовано за короткий период при помощи сборных деревянных конструкций. Основной концепцией экстерьера является игровой процесс детей, в котором задействовано три фасада здания. Фасады состоят из деревянных реек, вращающихся вокруг своей оси, окрашенных с одной стороны под дерево, с другой в 9 ярких цветов. Таким образом разноцветные рейки служат не только декоративными элементами фасада и способом затемнения помещений, но и становятся предметом для игр, участвуют в развитии ребенка. Возможность самостоятельно двигать деревянные заслонки позволяет детям самостоятельно менять внешний облик здания (рис. 1).



Рисунок 1. – Многофункциональный фасад детского садика «Кекес», Словения

Все элементы здания, мебель и предметы декора являются мобильными и многофункциональными, их можно передвигать и менять местами. Естественное освещение производится со всех сторон фасада, а также с крыши. В интерьере преобладают натуральные материалы: мебель, напольные покрытия и внутренние элементы, изготовлены из дерева [1].

Детский сад «Clover House» в городе Окадзаки, Япония (рис. 2).



Рисунок 2. – Детский сад «Clover House»

Детский сад «Clover House» или же «Дом Света» - это пример здания, создающего атмосферное настроение в помещениях при помощи светоцветового решения и формы. Детский сад разработан проектной фирмой MAD Architects. Он расположен на пересечении пешеходных дорог с видом на горы и рисовые поля, площадь составляет 300 м². За основу проекта был взят уже существующий жилой дом [2].

Полузакрытые пространства бывшего жилого дома идеально подходили для образовательных целей. Новое покрытие из белой битумной черепицы, словно ткань, накрыло уже существующую деревянную конструкцию здания увеличив его площадь в три раза (рис. 3).



Рисунок 3. – Слева – макет детского сада «Clover House». Справа – фрагмент внутреннего пространства.

Внешняя оболочка здания прорезана окнами различной формы и величины, от квадратных и прямоугольных проемов, до иллюминаторов в крыше. Световые колодцы имеют различную ориентацию, что позволяет освещению в помещении постоянно изменяться в зависимости от положения солнца. Многочисленные окна способствуют развитию воображения и творческого мышления ребенка, вызывают любопытство, а также помогают развить память и лучше ориентироваться в новом пространстве. Внутри используются преимущественно деревянные элементы, что придает учебной зоне теплую и домашнюю обстановку [3].

Детский сад «Така Тука Ланд» Берлин, Германия

Проект детского сада «Така Тука Ланд» был разработан группой студентов Ваупилотен. Изначально здание было построено как временное, но, полюбившись посетителям, оно стало постоянным местом для детей. Само здание напоминает собой шалаш, расположенный под деревом. Архитекторы вдохновлялись «лимонадным деревом» из рассказов Астрид Линдгрен, «Пеппи длинный чулок». На основе фильма «Пеппи в стране Така Тука» воспитанники детского сада вместе с воспитателями создавали коллажи и рисунки с изображением различных мостов, хижин, каруселей из цветов и тронами из ракушек. После, студенты Ваупилотен провели несколько дней рядом с детьми, наблюдая за их распорядком дня, способами выражать себя и общаться друг с другом. На основе выше перечисленных предпроектных исследований был разработан проект детского сада «Така Тука Ланд» (рис. 4) [4].



Рисунок 4. – Детский сад «Така Тука Ланд»

По задумке, для детей был создан совершенно новый мир, с интерактивными и коммуникативными внутренними пространствами, и многофункциональным фасадом, с внешней конструкцией которого

можно взаимодействовать. Затраты на строительство были крайне малы из-за использования переработанных и поддающихся восстановлению материалов.

Концепция лимонадного дерева отслеживается во всем здании. Желтый цвет является доминирующим. Большие окна заполняют комнату естественным освещением, и благодаря кристаллам, вмонтированным в них, превращают ее в волшебную сверкающую среду (рис.5) [5].

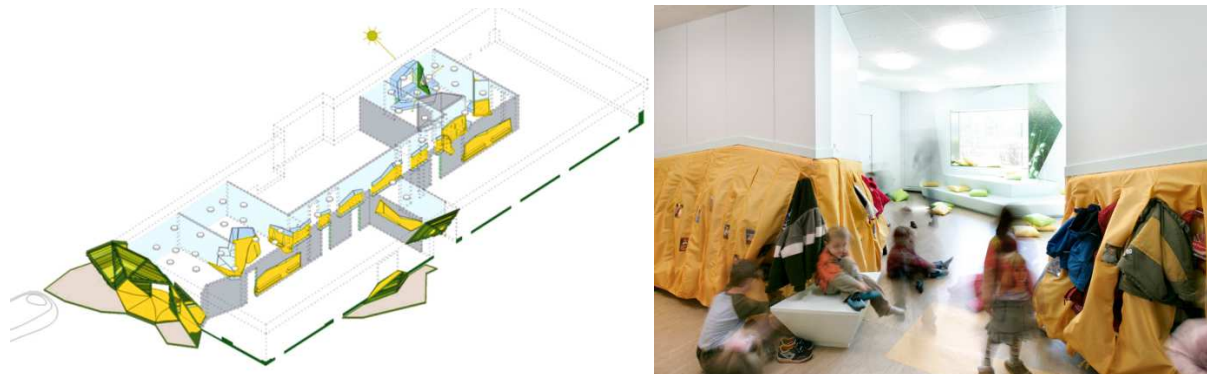


Рисунок 5. – Слева – схема планировки детского сада «Taka Tuka Land».
Справа – интерьер гардеробных.

На сегодняшний день, проектированию новых архитектурных решений детских садов уделяется много времени. Однако, большая часть существующих зданий требует модернизации и реконструкции фасадов, которую можно осуществить при помощи различных отделочных материалов и цветовых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детский сад Кекек [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.archdaily.com/117812/kindergarten-kekek-arhitektura-jure-kotnik?ad_medium=gallery – Дата доступа: 22.09.2021
2. MAD transforms Japanese house into curvaceous kindergarten with a slide along one wall [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.dezeen.com/2016/08/23/clover-house-kindergarten-mad-architects-japan-house-slide-aichi-prefecture/> - Дата доступа: 22.09.2021
3. Частный детский сад в Японии [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://nevsedoma.com.ua/index.php?newsid=292939> - Дата доступа: 22.09.2021
4. Taka-Tuka-Land Kindergarten – Berlin [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://thecoolhunter.net/taka-tuka-land-kindergarten-berlin/> - Дата доступа: 23.09.2021
5. Taka Tuka Land / Baupiloten [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.archdaily.com/519/taka-tuka-land-baupiloten> - Дата доступа: 22.09.2021

УДК 7.017.4

АРХИТЕКТУРА ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ БЕЛАРУСИ

М. С. ЖИЩЕНКО, А. О. ХРИЩАНОВИЧ
(Представлено: А. А. БОРОВКОВА)

В данной статье представлен анализ детских садов в Республике Беларусь. Рассмотрены типовые и индивидуальные архитектурные проекты, и их особенности. Выявлены основные тенденции в проектировании современных детских садов.

На сегодняшний день в мировой практике существует множество современных и уникальных проектов детских дошкольных учреждений. На территории постсоветского пространства, в том числе нашей республики, преобладают типовые постройки времен СССР, устаревшие как эстетически, так и функционально. Большинство зданий детских дошкольных учреждений, существующих в нашей стране, нуждаются в модернизации.

В СССР первые детские сады открылись в 60-х годах 19-го века. В середине 30-х годов 20-го века была разработана программа, согласно которой было организовано типовое проектирование детских садов на 25, 50, 75, 100, 125 и 200 детей, в основном дневного использования. Конечно, появление типовых проектов в свое время значительно сократили сроки возведения построек, а также стоимость их строительства [1].

Первые типовые проекты оказались недостаточно эффективными. В связи с этим пространственная структура зданий стала подчиняться односторонне интерпретируемым требованиям гигиены и функциональности. Компактное решение планов, устранение лишних коммуникаций, простота и унификация конструкций позволили резко снизить стоимость строительства.

В Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 4 ноября 1955 г. № 1871 «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» все достоинства декоративных элементов, которые работают на уникальность и выразительность архитектуры, были расценены как недостатки.

Классический декор упрощается при помощи использования животных мотивов в отделке стен или при благоустройстве территории [2].

В качестве примера типового строительства ДООУ в городе Новополоцке рассмотрены детские сады №12 и №20 (рис. 1, 2).



Рисунок 1. – Детский сад №12 в городе Новополоцке



Рисунок 2. – Детский сад-ясли №20 в городе Новополоцке

Согласно исследованиям психологов, архитектурный облик детского учреждения должен быть максимально приближен к людям. Это достигается за счет масштаба, геометрии пространства и здания в целом, а также за счет конструктивных элементов выполненных из натуральных, природных материалов. Особое внимание в проекте детского сада стоит уделить поверхностям, то есть фактуре, текстуре и цвету. Тщательно и правильно подобранные материалы не напрягают глаза и могут развивать тактильные ощущения не только у ребенка, но и у взрослого человека.

Архитектурный проект должен быть насыщен как внутри, так и снаружи деталями, содержащими позитивную и познавательную информацию и ориентированными на восприятие ребенка. Типовые проекты советских времен были вообще лишены деталей.

На данный момент актуально при проектировании использование «умных» поверхностей (музыкальные стены, светящиеся объекты и т.д.), реагирующих на действия человека, они идеально подходят для дополнительного развития ребенка в детском саду [3].

Примером современного ДООУ в Беларуси является детский сад «Карандаши» реализованный в жилом комплексе «Новая Боровая». Монолитно-каркасное здание состоит из трех этажей с широкими коридорами и большими окнами. Фасад украшен яркими полосами и напоминает коробку с карандашами. Стены комнат и детских площадок вызывают ассоциации с детской раскраской (рис. 3). Основная площадка здания покрыта прорезиненным покрытием двух цветов и оснащена различным оборудованием, мини-огород [4].



Рисунок 3. – Детский сад «Карандаши», жилой комплекс «Новая Боровая» в городе Минске

Еще один детский сад в Новой Боровой с интересными архитектурными решениями - детский сад «Желтый жираф». Фасад здания выполнен из двухслойных алюминиевых кассет белого цвета с перфорацией и цветным интерьером, который виден сквозь оконные проемы. Тема интерьера детского сада - зоопарк. У входа посетителей встречает двухэтажный жираф, а также спиральная горка и стена для скалолазания. Силуэт здания продиктован формой внутренних пространств. На втором этаже сада располагаются двухъярусные групповые помещения с антресолями. Размер и форма окон также продиктованы интерьером. В местах общего пользования много естественного света благодаря потолочным светильникам, а в игровых комнатах - благодаря большим витражам (рис. 4) [5].



Рисунок 4. – Детский сад «Желтый жираф», жилой комплекс «Новая Боровая» в городе Минске

Таким образом, архитектура детских дошкольных учреждений может быть разнообразной, современной, экологичной, эстетичной, соответствовать времени и работать на перспективное развитие современного поколения детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения [Электронный ресурс] / Администратор // Крым. Режим доступа: http://kafmen.ru/library/compilations/avasie/2012/4/p_84_88.pdf - Дата доступа: 23.09.2021
2. Детский сад как функциональный тип в советской и современной российской архитектуре [Электронный ресурс] / Администратор // Санкт-Петербург. Режим доступа: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/10887/1/VBorodkina_Kindergartens.pdf - Дата доступа: 23.09.2021
3. Середкина Е.В. Актуальные проблемы архитектуры детских садов в России Детский [Электронный ресурс] / Администратор // Урал. Режим доступа: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/10887/1/VBorodkina_Kindergartens.pdf - Дата доступа: 23.09.2021
4. Детский сад «Карандаши», жилой комплекс «Новая Боровая» [Электронный ресурс] / Администратор // Минск. Режим доступа: <https://newbor.by/novosti/v-novoy-borovoy-otkrylsya-novyy-detskiy-sad-karandashi/> - Дата доступа: 23.09.2021
5. «Желтый жираф» детский сад [Электронный ресурс] / Администратор // Минск. Режим доступа: <https://level80.rocks/kindergarten-yellow-giraffe> - Дата доступа: 23.09.2021

УДК 628.987

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД
К СВЕТОВОЙ СРЕДЕ ПОМЕЩЕНИЙ****Д. П. ЗМИТРОВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. Д. ЖУКОВ)*

В статье рассматриваются аспекты, касающиеся световой среды помещений, проектируемой дизайнером интерьеров. При этом учитывается специфика дизайнерского подхода к организации пространств помещений, в том числе двойственность такого явления, как дизайн.

Для проектирования световой среды помещений дизайнеру следует использовать функционально-художественный, или утилитарно-эстетический, подход к созданию интерьеров. По сути своей это подход именно дизайнерский. С точки зрения собственно дизайнера он помогает создавать наиболее полноценную и гармоничную предметно-пространственную среду, когда ее составляющие в утилитарном и эстетическом отношении хороши и сами по себе, и «в команде».

Физическое и эмоциональное состояние человека напрямую зависит от воздействия на него света: естественного и искусственного [1]. Характер и качество освещения влияет на большое количество биологических процессов в организме человека. В среднем, человек проводит большую часть суток без сна, в частности выполняя ту или иную работу, для чего требуется оптимальный уровень освещенности в помещении. Будь то на работе в офисе или дома, световая среда должна не только соответствовать нормам освещенности, но и временами ее превосходить [2]. Хотя даже первая потребность не всегда удовлетворяется. Замеры уровня освещенности различных помещений неоднократно показывали, что уровень и качество освещенности в большинстве случаев недостаточно, что может сказываться и сказывается пагубно на физическом и эмоционально-эстетическом состоянии человека.

Наиболее благоприятным для бодрствования и активности человека является естественный свет. Однако помимо его перманентной нехватки в помещениях в дневное время суток, которая может быть решена внедрением световодов и схожими по функции приспособлениями, существует потребность в комбинировании видов освещения в утренние и вечерние часы, когда уровень естественного света недостаточен даже снаружи зданий.

Как и все явления на земле, свет может воздействовать на человека как позитивно, так и негативно. Отрицательное воздействие света проявляется в колебаниях состояния человека между активностью с энтузиазмом и внезапной апатией, утомляемостью и сонливостью. Это обуславливается влиянием света с различными его характеристиками на биологические ритмы в организме человека.

Неподходящее освещение в негативном ключе воздействует на органы зрения человека, его гормональный фон, вследствие чего понижается работоспособность человека и приводит его к состоянию утомленности и апатии [3].

Изменение процессов, проходящих в организме человека в течение дня, называют циркадным циклом [4]. Данный цикл охватывает время сна и бодрствования, активность и состояние расслабленности, пики производительности и пики усталости. Все изменения ритма происходят благодаря воздействию таких гормонов, как мелатонин, который отвечает за сон, кортизол, отвечающий за активность, дофамин, формирующий настроение, и др. Уровень этих гормонов изменяется в ходе 24 часов, что является особенно важным фактором изменения биологических ритмов. Оптимальный циркадный цикл обеспечивает функциональное состояние, хорошее настроение и здоровый сон.

Свет прямо воздействует на выработку гормонов, физическую, умственную активность, характер сна, особенно потому надлежит придерживаться распорядок не только питания, но и освещения, стремясь всячески приблизить его к естественной перемене дня и ночи. Утром, с восходом солнца по времени, к которому человек привык, организм пробуждается, сон становится больше поверхностным, системы органов начинают работать более усиленно. Если ложиться спать утром, когда светает, перед этим нагрузив мозг ночью, выспаться будет сложно, так как гормон сна прекращает вырабатываться под воздействием света. Поскольку уровень освещенности способен расстроить циркадные циклы, значит, с его помощью возможно их наладить, используя последние разработки ученых.

Существует теория о том, что при правильном подборе температур освещенности биоритмы человека налаживаются естественным путем. Для человека оптимальным является естественный свет, при котором человек может также работать с наименьшим уроном для своего физического и психоэмоционального состояния. Например, офисные работники, также вынужденные работать и в вечернее время суток, особенно часто проводят время в условиях искусственной освещенности, свойства которого также зачастую не являются оптимальными для продуктивной работы. Так как в условиях достаточной освещенности

шенности помещения в организме человека не вырабатывается мелатонин (человек бодрствует), то неправильный спектр света не способствует работоспособности. Поэтому человек пребывает в состоянии бодрствования, но продуктивно работать не в состоянии.

Чтобы настроить биоритмы под распорядок рабочего дня, можно оптимизировать уровень естественной освещенности помещения путем внедрения в него световодов, которые эффективно передают естественный свет без значительных потерь в результате его транспортировки извне – «с улицы». Кроме того, в периоды наибольшей активности, когда от человека требуется полная самоотдача, актуально включать холодный свет – он делает человека более собранным, внимательным, помогает концентрации, ускоряет функционирование мозга. Для решения стандартных задач, не требующих повышенного внимания, сосредоточенности, подойдут лампы нейтрального спектра, а в периоды отдыха – обеденного перерыва, например, актуально использовать теплый свет, который способствует расслаблению.

В связи с негативной эпидемиологической обстановкой все большее количество людей работает из дома и потому нуждается в оптимизации уровня освещенности жилых помещений на время, предполагающее активное бодрствование. Проблема недостатка света в таких помещениях стоит довольно остро и нуждается в разрешении.

Дизайн – явление по своей природе двойственное, бифункциональное, несущее в себе как утилитарную составляющую, так и художественную. Поскольку дизайнер не только проектировщик, но и своего рода художник, такой специалист при оптимизации световой среды должен осуществлять комплексный подход. Данный подход, помимо прямого анализа показателей освещенности в помещении, включает в себя разработку проектного (в определенной степени художественного) образа. В результате, помимо базовой потребности в оптимальном в отношении количественных показателей уровне освещенности, может быть достигнут комфорт эстетический, обусловленный состоянием эмоционально-эстетической атмосферы среды, проектируемой дизайнером.

Так, в процессе своих творческих действий дизайнер интерьеров, наделяя архитектурное пространство средовым художественно-функциональным смыслом, должен приводить к единому проектному знаменателю иррациональное (интуитивное, образное, художественное) и рациональное (осмысленное, разумное, абстрактно-логическое). В этом заключается ключевая особенность дизайнерского подхода к объекту проектирования, отличная от намного более рационального инженерного подхода.

Свет – одно из наиболее выразительных средств создания художественного образа в интерьере. Это инструмент моделирования пространства и психологического воздействия на человека. Обычно свет не ощущим, пока не сталкивается с препятствием, поверхностью [5].

По своему характеру освещение бывает контрастным, средним по интенсивности, рассеянным или направленным. Поэтому о свете в интерьере стоит судить как о «предметном материале», а не только как о бестелесной субстанции, делающей зримыми отдельные элементы пространства. Как своеобразному предметному материалу, свету можно придать направление и пропорции. Поскольку от освещения как средства художественной выразительности в немалой степени зависит эмоционально-эстетическая атмосфера среды, логично говорить о том, что «предметная материальность» света служит формообразующим элементом материального пространства, окружающего человека, и средством создания художественной ауры этого пространства (рис. 1).

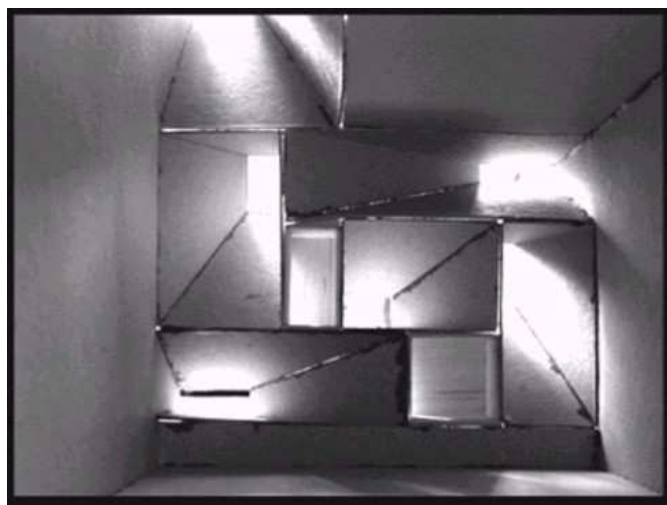


Рисунок 1. – Моделирование архитектурного пространства с помощью естественного света

По аналогии с архитектурой в дизайне интерьера можно условно выделить три основные составляющие: конструктивность, функциональность и красоту. Свет способен взаимодействовать с этими составляющими. На восприятие и эмоциональный отклик человека воздействуют такие универсалии, как форма, пространство, масса, цвет и свет. Если рассматривать свет не только с утилитарной точки зрения, а и художественные аспекты его распределения (контрасты, тени, блики, отражения), нетрудно прийти к выводу, что благодаря свету создается не только красивая и здоровая атмосфера среды, но и ее целостная, в определенной степени художественная форма (рис. 2).



Рисунок 2. – Пример использования света для создания художественной ауры интерьера

Заключение. Таким образом, для обеспечения физического и эстетического комфорта человека в интерьере дизайнер при его проектировании должен учитывать, помимо прочего, и функционально-художественные возможности света, рассматривая световую среду помещений как важную составляющую их предметно-пространственной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биотехника [Электронный ресурс] / Свет и его воздействие – Режим доступа: <https://www.elekt.ru/articles/vliyanie-osveshcheniya-na-organizm> – Дата доступа: 13.09.2021;
2. Строительство и недвижимость [Электронный ресурс] / Проблемы инсоляции зданий – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1999/15/sn91508.htm> – Дата доступа: 20.09.2021;
3. ExhertUNION [Электронный ресурс] / Освещение и зрительная работоспособность – Режим доступа: <http://expertunion.ru/prochee/osveshchenie-i-zritel'naya-rabotosposobnost-2.html> – Дата доступа: 21.09.2021;
4. BBC NEWS [Электронный ресурс] / Циркадные ритмы – Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/features-48326088> – Дата доступа: 21.09.2021;
5. LightOnline [Электронный ресурс] / Светодизайн и архитектура – перспективы взаимодействия – Режим доступа: <https://lightonline.ru/svet/articles/LightDesignArchi09.html> – Дата доступа: 21.09.2021.

УДК 721.001

**БЛАГОУСТРОЙСТВО ПУСТУЮЩИХ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ГОРОДА
КАК СРЕДСТВО СОЦИАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РАЗВИТИЯ ГОРОЖАН****Е. А. КОНОВАЛОВА, Е. Г. ПРАЖЕНИК***(Представлено: В. И. МАТВЕЙЧУК)*

В данной статье рассматривается зарубежный опыт благоустройства «ничейных» пространств города, детских площадок и элементов благоустройства озелененных территорий, что создают комфортную и мобильную среду для жителей города.

Во многих городах Беларуси наблюдается тенденция наличия неблагоустроенных или недостаточно благоустроенных жилых и общественных пространств. Пространств, которые должны создавать комфортную среду для жизни, отдыха, игр и развития горожан, но таковыми не являются по ряду различных причин. В малых населенных пунктах, можно выявить одну актуальную проблему – многие городские озелененные территории никак не задействованы или же не включены в городскую сеть рекреационных зон. Все они имеют хороший потенциал и могут стать активно посещаемыми зонами отдыха. Создание общедоступной, благоустроенной среды в городском пространстве (населенном пункте) является одной из приоритетных задач градостроительства. Такие проблемы существуют не только в нашей стране, но и за рубежом. Рассмотрев и проанализировав опыт других стран, можно найти наиболее приемлемые решения по преобразованию незадействованных озелененных территорий и созданию комфортной инклюзивной среды. Проблемы данной сферы так же присутствуют и в городе Новополоцке, где существует достаточное количество бестранспортных озелененных территорий, а также есть уже сложившиеся рекреационные зоны. И примерами неблагоустроенных пространств служат многие дворовые территории, небольшие озелененные участки у крупных общественных объектов, части неиспользуемой территории городского парка и лесопарка, а так же пешеходная улица. Из сложившихся уже рекреационных зон можно выделить две основные – городской парк и лесопарк города Новополоцка. Что касается дворовых и междворовых пространств, то особенно остро ситуация обстоит с западной частью города, которая застраивалась первой и на данный момент благоустройство этих территорий значительно устарело, как морально, так и физически.

Городской парк Новополоцка располагается вдоль реки Западная Двина, примыкает к улице Парковая и Ктаторова до въезда на мост по улице Калинина и продолжается вдоль улицы Якуба Коласа. На сегодняшний день его основными активно посещаемыми зонами являются: открытая тренажерная площадка, детская площадка, веревочный городок, основная прогулочная дорога, совмещенная с велосипедной, футбольная площадка, территория для выгула собак, частичная занятость парка аттракционов. Так как территория распространяется вдоль реки, то он имеет линейную структуру и центром притяжения служит пешая прогулочная дорога в центре парка, что и является его осью, по обе стороны которой и организовывается весь досуг посетителей парка. Во многих местах присутствует минимальное благоустройство среды или же ее отсутствие. Отличным решением проблем по данной территории может быть создание инклюзивных площадок с низкими барьерами для всех возрастных групп, а также использование элементов благоустройства, за счет которых будут решаться проблемы освещенности и оснащенности территории.

Далее на примере зарубежного опыта будут рассмотрены предложения по использованию и благоустройству «ничейных» территорий города, показав, как можно преобразовать пустое пространство в активную точку района или же целого города.

Пример решения отсутствия площадок для отдыха для всех типов населения как для дворовых территорий, так и для незадействованных парковых территорий, междворовых пространств:

Детская площадка в Берлине. Данная площадка разрабатывалась не только как игровая площадка для детей, но и как место для социального взаимодействия всех жителей из соседних кварталов. Элементы площадки представлены для возможности пользования всеми типами населения. Например, создана безбарьерная площадь из песка с дощатыми тропинками меж игровых зон с доступом в виде пандусов на каждую из них (рис.1) [3]. Азарт игры на ней стимулируется использованием разных текстурных поверхностей объектов площадки, цвету конструкций и различной степени их сложности. Так большие по размерам деревянные кубы встроены друг в друга, что дают различное восприятие пространства внутри, меняющиеся тона света за счёт цветного оргстекла, которые пропускают его внутрь башен. Эта игровая площадка гармонично примыкает к уже существующей березовой роще, которая идеально подходит для пикников. Наряду с многочисленными платформами для игры, создали обще-

ственные места пользования для взрослых, где они могут проводить свободное время. Рассматривая ее с экологичной точки зрения, то данный объект имеет благоприятное влияние на окружающую застройку и за счет использования такого материала, как дерево, создается непосредственное единение с окружающей природой.



Рисунок 1. – Детская площадка, Берлин.
Элементы благоустройства площадки

Рассматривая такую рекреационную зону города, как лесопарк, можно сказать, что в современном понимании это пригородный лес, который может использоваться как парк. Лесопарк города Новополоцка примыкает к улице Молодежная и располагается между заводским проездом и улицей Олимпийская. На сегодняшний момент место не благоустроено и на территории существуют лишь пешеходные дорожки, практически все протоптанные людьми. Во многом участок леса противопоставляется городской среде и предполагает минимальное внедрение благоустройства и дополнительной инфраструктуры.

Пример решения небольших локальных благоустройств в лесопарках:

Илавский лес в Польше. Проект призван возродить заброшенную городскую природу за счет безопасного использования пространства, предназначенного для широкого круга пользователей - пеших прогулок, бега трусцой, езды на велосипеде. Это так же формирует привычки здорового образа жизни у горожан. Территория предполагает ее использование людьми разного возраста, независимо от физических возможностей - склоны и тропы пологие, а система навигации разработана с учетом потребностей людей с ограниченными возможностями (рис. 2-3) [1].



Рисунок 2. – Элементы благоустройства «Илавский лес»,
Польша



Рисунок 3. – Элементы благоустройства территории

Анализируя сформированную пешеходную сеть города Новополюцка, следует отметить не только активно посещаемые рекреационные зоны отдыха населения, но также остальные озелененные неблагоустроенные территории, имеющие потенциал к развитию. К таким территориям относятся дворовые и междворовые пространства (Двор в 1-ом микрорайоне на участке: ул. Держинского – спортивная площадка – ул. Слободская; междворовое пространство во 2-ом микрорайоне на участке: ул. Школьная – сквер; междворовое пространство в 4-ом микрорайоне на участке: ул. Молодежная – Школа № 4; междворовое пространство в 5-ом микрорайоне на участке: ул. Якуба Колоса – Дворец детей и молодежи; междворовое пространство в 6-ом микрорайоне на участке: измерительский проезд – ул. Нефтяников; междворовое пространство в 8-ом микрорайоне на участке: ул. Денисова – ул. Василевцы). На приведенных местах отсутствует благоустройство, а безбарьерная пешеходная связь на территории и меж ними не развита. В жилой среде благоустройство таких жилых и общественных комплексов должно создавать более мягкую и устойчивую к переменам природную среду, а также снижать негативные эффекты городских активностей. Такие территории преимущественно обладают рекреационными функциями. При расширении пешеходных зон в городе можно добиться повышения уровня безопасности и удобства передвижения, а также улучшение экологического состояния территорий.

Примеры решения неиспользуемых озелененных дворовых и междворовых территорий:

Рассмотрим один из новейших жилых районов – **район Яткасаари, в Хельсинки**. Дворовые территории в данном случае – это приватная зона внутри небольшого квартала, принадлежащая исключительно жильцам. Что для нашей страны не частая практика.

Элементы благоустройства дворовой территории



Рисунок 4. – Жилой район «Яткасаари», Хельсинки

Двор не имеет транзита и четко разделяется на двор и улицу (рис. 4) [2]. На последнем изображении показан проект, где междворовая (у нас, как правило, такая территория была бы «ничейной») территория используется в качестве парка, что улучшает уровень коммуникаций жителей нескольких кварталов сразу.

Еще одним хорошим примером объединения и создания общей рекреационной зоны является **Розана Монтиель (Estudio de Arquitectura)** — это проект по реабилитации общественного пространства для жилых домов в Аскапоалько, Мехико. Раньше этот двор был разделен на сектора стенами и заборами, построенными его жителями с течением времени, что не позволяло хорошо коммуницировать друг с другом и в полной мере пользоваться территорией. Цель заключалась в том, чтобы превратить все маленькие пространства в одну большую сеть общественных дворовых пространств района.

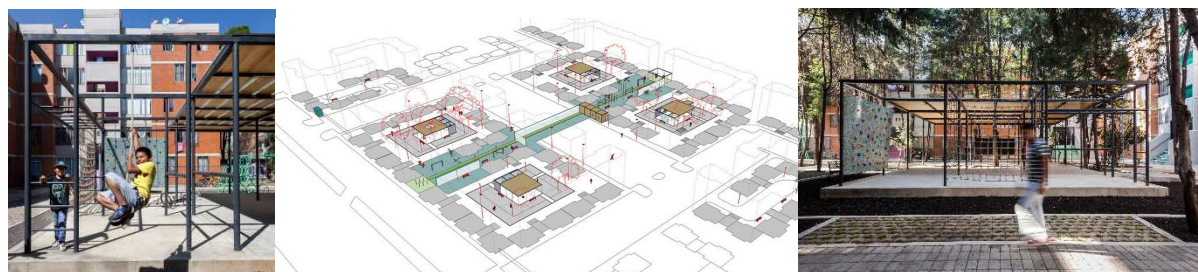


Рисунок 5. – Жилой район в Аскапоалько, Мехико. Элементы благоустройства (слева) и схема размещения сети общественных дворовых пространств района (справа)

Ранее жители разных секций дома использовали временные покрытия для определения зоны под отдых, а также защиты его от осадков, ограждения от окружающей их территории, делая ее своей соб-

ственно. Рассматривая предыдущие места использования по функциям, архитекторы пытались сохранить их значение и на месте них создали благоустроенные пространства в качестве зон отдыха и коммуникации. Так были установлены крытые модули, предназначенные для различных видов деятельности, что было намного лучше, чем простое накрытие брезентом (рис.5) [4]. Создав такую общую комфортабельную рекреационную территорию, жители окружающей ее домов сами захотели ее далее преобразовывать и окончательно убрали заборы.

Подводя итоги, можно сказать, что за счет благоустройства таких «неченых» озелененных территорий можно создать город доступным для всех. Повысится качество жизни людей, уровень безопасности в городе и удобства территории, будет возможность создания многофункциональности пространства, что сейчас очень актуально. За счет наличия возможности передвигаться по городу без барьеров повысится спрос на активный отдых, а также меньшее использование транспорта в свободное время, что значительно повлияет на экологическую составляющую городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илавский лес в Польше [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://landezine.com/index.php/2019/11/ilawa-forest-by-landscape-architecture-lab/%D0%BC%D0%BD%D0%B5> - Дата доступа: 25.09.2021
2. Архитектура. Дизайн. Реконструкция и реставрация [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://xn--80aai1dk.xn--p1ai/journal/wp-content/uploads/2017/09/isvp_2017_3_5-14.pdf - Дата доступа: 25.09.2021
3. Детская площадка в Берлине [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://landezine.com/index.php/2021/06/playground-springsiedlung-by-hochc-landschaftsarchitekten/> - Дата доступа: 25.09.2021
4. Проект реабилитации общественного пространства в Мехико [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://landezine.com/index.php/2015/10/common-unity-by-rozana-montiel/> - Дата доступа: 25.09.2021

УДК 712.25

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕННЫХ БЛАГОУСТРОЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ**Е. А. КОНОВАЛОВА, Е. Г. ПРАЖЕНИК***(Представлено: В. И. МАТВЕЙЧУК)*

В данной статье рассматривается выявление потенциально-активных рекреационных зон, а также важность и потребность создания единой системы озелененных пространств в городской среде на примере города Новополоцка.

Система общественных пространств, наличие хорошо сформированной пешеходной системы, а также благоустройство озелененных территорий являются одними из важных составляющих городской среды. Из-за увеличения объема транспорта на дорогах идет сокращение пешеходных зон, что отражается на спросе на локальные места отдыха в дворовых территориях, наличием общедоступных рекреационных зон. В благоустройство таких мест входит создание доступной, инклюзивной среды. Понимание такой проблемы как безбарьерная среда или, другими словами, среда для всех является общемировой. К ее решению следует подходить ещё на этапе проектирования, создавая такие меры по организации пространства, опираясь на которые, среда, где будет находиться человек, была бы общедоступной для каждого без каких-либо ограничений. Так же в прошлом году вышел закон, запрещающий проектирование и строительство объектов не имеющих обеспечение условий доступности для лиц с ограниченными возможностями. Однако, несмотря на существование таких ограничений, существует практика строительства объектов, нарушающих этот регламент. В нашей стране по данным на 2019 год проживает 569, 7 тысяч, где 6% от населения Беларуси составляют люди с ограниченными возможностями [1]. Могут выявляться случаи нарушения прав человека. Рассматривая сферу занятости, можно выделить проблему с трудоустройством. Например, бронирование мест на рынке труда происходит на непривлекательные рабочие места с низкими заработными платами; отношение работодателей предвзято, зачастую они не заинтересованы в профессиональном развитии сотрудника. Многие учебные заведения исходя из года своей архитектурной постройки не адаптированы к принятию на обучение инвалидов. Так многие инвалиды имеют профессиональное образование и могли бы работать в сферах финансов, образования или же здравоохранения, но в силу обстоятельств данной возможности нет. Так же существует такая проблема не информирование службой занятости должным образом инвалидов о возможности трудоустройства или переобучения. И из-за наличия всех выше перечисленных факторов люди не могут сполна пользоваться как объектами социальной инфраструктуры, жилым и общественным зданиям, промышленным объектам, так и общественным транспортом, местами отдыха. С 2007 по 2010 года на 20,7 тысячах объектах во время реализации Государственной программы выполнены работы по созданию безбарьерной среды. Однако в сферах транспортных и социальных инфраструктур задача доступности для инвалидов остается достаточно актуальной. Так как в Республике Беларусь отсутствует единый подход коценке объектов на наличие доступности для физически ослабленных лиц, что приводит к неравномерному проведению мероприятий в данной сфере [2].

Хорошим примером на наличие большого количества озелененных территорий с рекреационной функцией, потенциально-активных точек города может послужить город Новополоцк. Но самым главным недостатком, при наличии такого большого количества рекреационных территорий, является то, что в городе нет целостной внеуличной пешеходной системы, которая бы объединяла данные места отдыха. В целом формирование структур городской среды идет за счет центра города и его периферии. Центры отличаются своей наивысшей социальной активностью, где идет накопление различных функций города, что имеют высокий социальный статус и качество. Такой общегородской центр может включать в себя систему площадей, объединённых пешеходными улицами, аллеями и бульварами. В случае города Новополоцка основой является улица Молодежная, так как город имеет линейную структуру и формирование его происходило вдоль реки Западная Двина. Анализируя существующие пространства, можно сказать, что по главной улице Молодежная и в прилегающих к ней территориях существует множество как больших, так и малых неблагоустроенных озелененных пространств, объектов общего назначения, облагораживание которых при застройке города не было осуществлено или было, однако на сегодняшний день находятся в неудовлетворительном состоянии в силу потери актуальности, функциональной значимости, морального и физического износа.

Для выявления социально значимых пространств и объектов инфраструктуры города Новополоцка была составлена анкета и проведен опрос. Были затронуты такие вопросы как: оснащение объектов со-

циального и иного назначения специальными устройствами для доступа к ним инвалидов и маломобильных групп населения; объекты нуждающиеся, в первоочередном оснащении социальными приспособлениями для обеспечения доступа инвалидов и маломобильных групп населения, наиболее посещаемые объекты городской инфраструктуры; актуальность создания общедоступных рекреационных зон; создание пешеходных безбарьерных территорий и другие. Так, по результатам опроса в оснащении в первую очередь нуждаются поликлиники, больницы, транспорт общего пользования, здания органов социальной защиты населения, а также дворовые пространства районов города, включая новостройки и общегородские парки (Парк культуры и отдыха и Лесопарк). За счет сформированной уже пешеходной связи в виде парка, аллей и лесопарка, формируется связь меж общественными объектами города. На схеме ниже показаны основные объекты общего пользования города Новополоцка (рис.1).



Рисунок 1. –Общая схема общественных пространств
(выделены кружочками)



Рисунок 2. – Схема пешеходной связи городских озелененных пространств

Так были отмечены объекты и территории общественного назначения: парки, аллеи и междворовые озелененные пространства; детские сады и ясли; школы, лицеи и гимназии; университет и колледжи; поликлиника, больница и больничный городок; аптеки; бассейн; тренажерные залы; ледовый дворец и спорткомплекс; гостиницы; предприятия общественного питания и продуктовые магазины; торговые центры; учреждения культуры; банковские и почтовые отделения. Исходя из опроса и выявленных основных объектов инфраструктуры, а также наиболее посещаемые и потенциально-активные зеленые точки города была создана единая пешеходная связь со включенными в нее озелененными пространствами, которая будет не только затрагивать все объекты инфраструктуры, но и объединять все рекреационные участки города в единую систему. Пешеходная ось данной системы сформировалась на расстоянии от источников шумового загрязнения, тем самым создавая из самой себя комфортную шумоподавляющую рекреационную зону (рис.2). При расширении пешеходных зон в городе можно повысить уро-

вень безопасности и удобства при передвижении, а также повлиять на экологическую ситуацию в городе и уровня качества жизни населения [3] [5].

Объединение данных двух систем будет создавать гармоничное функционирование транспортной сети города с пешеходной составляющей городской среды, а также активную работу всех озелененных рекреационных территорий в полном своем потенциале, создавая безбарьерное пространство во всем городе (рис.3) [3] [5]. В проектном решении (разработано авторами статьи) так же содержится разработка по благоустройству некоторых из этих пространств, в виде рекреационных озелененных площадок, зон отдыха, с безбарьерной и инклюзивной средой, чтобы, помимо единственного городского парка, для людей различного возраста и категории был доступ к посещению любого из существующих объектов для свободного времени при проведении [4].



Рисунок 3. –Схема объединения сети озелененных зон с общегородской схемой общественных пространств

Подводя итоги, можно сказать, что доступность объектов города и в целом его максимальную функциональность можно добиться имея хорошо сформированную пешеходную систему без наличия барьеров, которая будет давать людям всех категорий и возрастов возможность ее использования, что напрямую влияет на активность городской инфраструктуры. Так же это позволит создавать более тесные социальные коммуникации и позволит мотивировать отказываться от транспорта в пользу пешеходных и велопроездов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа о социальной защите и содействии занятости населения на 2016 – 2020 годы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/Gosudarstvennaja-programma-na-2016-2020-1.pdf> - Дата доступа: 20.09.2021
2. Доступна среда [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://by.odp-office.eu/files/docs/Posobie-po-bezbarernej-srede.pdf> - Дата доступа: 20.09.2021
3. Анализ системы пешеходных пространств на примере Барнаула [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://elib.altstu.ru/journals/Files/va2018_1/pdf/270Sviridova.pdf - Дата доступа: 20.09.2021
4. Библиотека образцов благоустройства и озеленения [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/LP_bibl_blag.pdf - Дата доступа: 20.09.2021
5. Дизайн пешеходных улиц [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://national-design-academy.ru/wp-content/uploads/2018/03/Дизайн-пешеходных-улиц.pdf> - Дата доступа: 20.09.2021

УДК 69.002.5

**ОБЗОР ЗДАНИЙ, НАПЕЧАТАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
АМЕРИКАНСКИМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ КОМПАНИЯМИ****Н. В. РАЩИНСКИЙ***(Представлено: В. А. ХВАТЫНЕЦ)*

В статье представлены и рассмотрены вариации малоэтажных зданий, возведенных при помощи 3D-принтеров. За основу изучаемого материала взяты здания, возведенные на территории США или непосредственно Американскими компаниями.

Возведение малоэтажного жилья является одной из самых перспективных и востребованных отраслей строительства. В 21 веке дом должен отвечать таким физико-техническим требованиям как прочность, устойчивость, тепло-, звукоизоляция, удобство и комфорт в использовании, и быть недорогостоящим. Но самым важным пунктом, на который всё больше и больше обращают внимание – сокращение сроков строительства. Для соответствия зданий данным критериям в последнее десятилетие стали все чаще обращаться к механизированной печати зданий способом послойного экструдирования. Выполняет данную работу специальный строительный 3д-принтер, чаще всего порталного типа. Возведение зданий таким способом позволяет сократить число рабочей силы, сроки производства и уменьшить денежные затраты. В высокоразвитых странах большая часть крупных строительных компаний переходит на использование строительных 3D-принтеров. Благодаря таким приборам, фирмы могут значительно повысить годовой доход, а покупатели – рассчитывать на недорогое, но качественное жилье. Странами лидерами в использовании аддитивных технологий являются США, Китай, Германия и Великобритания. Объектом исследования в статье будет служить деятельность Американских строительных компаний.

Американская компания SQ4D(Нью-Йорк) [1, 2]. Руководитель компании, Кирк Андерсен в начале 2021 года заявил о начале строительства, первого для его предприятия, дома по методу аддитивных технологий. Сама компания специализируется на возведение комфортных, экологичных, гармоничных и качественных малоэтажных зданий при помощи программного обеспечения на основе трехмерных моделей. Здание имеет площадь 84 квадратных метра. Построено оно при помощи стандартного послойного экструдирования бетонной смеси. Дом рассчитан на 3 спальни, две ванных комнаты и гараж. Его стоимость – почти 300 тысяч долларов. Для его постройки была выбрана довольно сложная в плане размещения устройства принтера территория. Такой выбор был сделан с расчетом на получение опыта в преодолении подобного рода сложных ситуаций при строительстве. Всего лишь спустя два дня компания предоставила готовый дом на мировой рынок. Можно сказать, что она является первой компанией в США, которая представила данный тип здания задокументированным и готовым для постоянного проживания.



Рисунок 1. –Проект дома, разработанный компанией SQ4D

Модель Старинного замка в Миннесоте [3-5]. В 2014 году инженер-строитель из Миннесоты, Андрей Руденко возвел на заднем дворе своего участка копию средневекового замка общей площадью около 14 метров квадратных. Имея образование архитектора-инженера, а также любовь к экспериментам и небольшую спонсорскую помощь, мужчина буквально с нуля создал строительный 3D-принтер.

Сначала это были наработки, печатающие обыкновенным пластиком, из которого и состоял на тот момент сам принтер. Спустя 2 года экспериментов результат наконец-то дал о себе знать. Здание строилось на протяжении 2 месяцев из бетона с арматурной кладкой в некоторых местах стен. Несмотря на свою «новизну и незавершенность» принтер обладал высокой точностью и качеством печати, что нельзя было не заметить, глядя на готовое здание. Башни замка и декорации печатались отдельно, а позже присоединялись к основной несущей части.



Рисунок 2. –Замок напечатанный Андреем Руденко

Гостиничный номер в отеле Lewis Grand hotel [6, 7]. В 2015 году калифорнийский бизнесмен Льюис Якич задумал создать оригинальную планировку в своем отеле на Филиппинских островах. И, будучи незаинтересованным в стандартных архитектурных решениях он обратился к уже упомянутому ранее Андрею Руденко, предложив спроектировать и построить для него модернизированную пристройку из нескольких номеров. Теоретическая и подготовительная части проекта велись несколько месяцев. За основной материал было принято решение взять местный вулканический пепел и песок, которые идеально служили подосновой бетона. Также необходимо было перевезти сам принтер из Миннесоты на Филиппинские острова, что являлось довольно проблематичной задачей. Построенные апартаменты имели размер 10,5х12,5 метров и включали в себя: гостиную, две спальни и ванную комнату с джакузи. Следует отметить, что джакузи тоже было напечатано на 3D-принтере. Сам процесс строительства занял всего лишь 4 дня. Хозяин отеля, Льюис Якич, подписал с инженером контракт, и на следующий год было построено более 20 подобных комплексов.



Рисунок 3. –Процесс строительства номера отеля Lewis Grand

Архитектурная фирма WATG Urban Architecture [8-10]. Здание Curve Appeal расположено на Юго-Западе Северной Америки и выполнено в стиле постмодернизма. Вначале оно было лишь концепцией на конкурсный проект. Компания постаралась с помощью инновационных технологий создать дом свобод-

ной округлой планировки, который гармонично сочетает в себе плавность форм, линий и взаимосвязь с окружающей средой. Строительство предполагалось из многосоставного ячеистого ABS- пластика принтером-манипулятором. Площадь здания оставляет 240 метров квадратных, при расчёте на одну семью. Отличительной особенностью данного здания является то, что по ходу строительства с 2018 по 2020 год в него была внедрена автономная компьютерная система «Умный дом».



Рисунок 4. –Здание Curve Appeal

Архитектурная компания ICON [11, 12]. На фестивале South by Southwest в штате Техаса был представлен напечатанный на 3D-принтере жилой дом. Площадь жилья около 60 метров квадратных. Он соответствует всем архитектурным требованиям, может похвастаться компактной планировкой и стоимостью возведения всего 10 тысяч долларов. Для строительства здания используется местное сырье (глина, песок), что значительно снижает материальные затраты. Дома такого типа лучше по теплоизоляционным качествам в сравнении со стандартными Техасскими гипсокартонными домами. Сроки возведения здания составляют всего 12-20 часов. В доме имеется гостиная, кухня, спальня и ванная комната. Специалисты отмечают, что данный тип жилья поможет решить множество проблем, связанных с жильем у малообеспеченных семей как в США, так и в ряде других стран.



Рисунок 5. –Дом созданный компанией ICON

ЛИТЕРАТУРА

1. Дом, напечатанный на 3D-принтере, уже можно купить в США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/arkhitektura/5279-dom-napechatannyj-na-3d-printere-uzhe-mozhno-kupit-v-ssha.html> – Дата доступа: 20.09.2021.
2. Впервые дом, созданный с помощью 3D-печати, выставлен на продажу в США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.popmech.ru/technologies/news-667783-vpervye-dom-sozdannyy-s-pomoshchyu-3d-pechati-vystavlen-na-prodazhu-v-ssha/> – Дата доступа: 20.09.2021.
3. 3D-печатный замок, построенный на заднем дворе дома, предвещает будущее архитектуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vzavtra.net/stroitelnye-texnologii/3d-pechatnyj-zamok-postroennyj-na-zadnem-dvore-doma-predveshhaet-budushhee-arkhitektury.html> – Дата доступа: 20.09.2021.
4. «Русский» инженер-строитель из Миннесоты напечатал на 3D-принтере первый средневековый замок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.runyweb.com/articles/business/real-estate/minnesota-man-builds-castle-with-3-d-concrete-printer.html> – Дата доступа: 20.09.2021.

5. В Миннесоте 3D принтер напечатал замок: <https://pechatnick.com/news/v-minnesote-3d-printer-napechatal-zamok-video> – Дата доступа: 20.09.2021.
6. Первый в мире 3D-печатный отель люкс построен на Филиппинах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vzavtra.net/stroitelnye-texnologii/pervyj-v-mire-3d-pechatnyj-otel-lyuks-postroena-filippinax.html> – Дата доступа: 20.09.2021.
7. Первый напечатанный номер люкс в филиппинском отеле скоро примет посетителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/icover/blog/384453/> – Дата доступа: 20.09.2021.
8. 10 проектов зданий, напечатанных на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--80aafmv1bik7a.xn--80asehdb/articles/rejting/10_proektov_zdaniy_napechatannykh_na_3d_printere/ – Дата доступа: 20.09.2021.
9. В США впервые 3D-напечатают дом свободной формы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hightech.fm/2016/06/06/curve_appeal_3d – Дата доступа: 20.09.2021.
10. 17 реальных зданий, напечатанных на 3D-принтере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/future/101777-17-realnyh-zdaniy-napechatannyh-na-3d-printere> – Дата доступа: 20.09.2021.
11. В Техасе представили дешёвый быстровозводимый дом, созданный с помощью 3D-принтера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archi.ru/tech/78303/v-tekhase-predstavili-ochen-deshovyi-i-bystrovozvodimyi-dom-sozdannyi-s-pomoschyu-3d-printera> – Дата доступа: 20.09.2021.
12. Видео: американцы напечатали жилой дом всего за сутки и 10 тысяч долларов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newizv.ru/news/tech/15-10-2019/video-amerikantsy-napechatali-zhiloy-dom-vsego-za-sutki-i-10-tysyach-dollarov> – Дата доступа: 20.09.2021.

УДК 69.002.5

РАЗВИТИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГЕРМАНИИ

Н. В. РАЩИНСКИЙ*(Представлено: В. А. ХВАТЫНЕЦ)*

В статье рассматривается уровень развития аддитивных технологий в Германии. Лидирующей компанией в этом направлении является Perí. Описываются основные возможности и достижения этой компании за последнее время и их вклад в развитие 3D-печати в строительстве.

С развитием 3D-технологий, многие зарубежные частные компании проявили интерес к этому способу возведения зданий. Каждая такая компания разрабатывает свой состав печатающего материала, архитектуру будущего здания, и в некоторых случаях конструкции самого принтера. Именно благодаря таким компаниям, технология 3D-печати в строительстве развивается быстрее. Одной из стран, в списке лидеров по аддитивным технологиям в строительстве, является Германия. Рассмотрим одну из наиболее известных немецких компаний, использующих послойную печать в строительстве – Perí [1].

При создании своих конструкций и зданий, компания использует исключительно порталный принтер (рис. 1.). Такой выбор расширяет диапазон допустимых размеров готового здания, и позволяет создавать цельные жилые дома без перестановки принтера.



Рисунок 1. –Принтер, используемый компанией Perí

Компания занимается не только изготовлением полноразмерных зданий, но и так же создаёт сборные железобетонные изделия различного назначения.

В августе 2020 года, компания продала свой первый принтер для печати малоразмерных сборных элементов в цеху [2]. Такая технология позволяет не вывозить принтер на строительную площадку, а производить изделия непосредственно в промышленном здании. Печать сборных конструкций строительным 3D-принтером, позволяет быстро и легко создавать формы, которые раньше возможно было сделать только при создании сложной опалубки. При этом, аддитивные технологии выполняют задачу с максимальной точностью, без отклонения размеров.

Сама компания Perí, пользуется таким принтером для создания сборных элементов к будущим напечатанным зданиям, которые в свою очередь выполняют конструктивную функцию (рис. 2).

Помимо сборных конструкция для здания, такой принтер создаёт и предметы интерьера и экстерьера (рис. 3.). Форма изделий неповторима и не может быть воспроизведена без использования аддитивных технологий. При этом, скорость и стоимость создания этих элементов намного ниже, чем если бы их изготавливали традиционными методами.

В июле 2021 года, команда компании Perí анонсировала свой первый напечатанный дом, созданный с использованием их принтера SOBOD BOD2 (рис. 4.). Это первый жилой дом, напечатанный в Германии [3]. Появление такого сооружения сильно мотивирует другие строительные компании повторить опыт Perí, и так же создавать здания при помощи аддитивных технологий.



Рисунок 2. – Печать сборных конструктивных элементов в цеху



Рисунок 3. – Напечатанные элементы интерьера



Рисунок 4. – Первый дом в Германии, созданный с использованием 3D-принтера

Стоит отметить, что помимо того что сам дом полностью создан с помощью аддитивных технологий, в его отделке не использовались никакие дополнительные механизмы. Многие авторы описывают, что при создании жилого здания с помощью 3D-печати, большие ресурсы будут тратиться на внешнюю и внутреннюю отделку стен, приводя их к ровной поверхности. Однако компания Peri разработала особые дизайн-концепции, по которым фактура стен, показывающая слои печати, используется как часть интерьера и не требует дополнительных отделочных работ (рис. 5).



Рисунок 5. –Дизайн интерьера напечатанного дома

Успешный опыт в создании жилого дома, подтверждает, что в скором времени аддитивные технологии произведут революцию в строительной отрасли, и большинство зданий будут создаваться с использованием именно этой технологии. Однако, несмотря на это, 3D-печать в строительстве всё ещё требует усовершенствования своих технологий, составов печатного материала и архитектурных решений создаваемых зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. PERI Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.peri.com> – Дата доступа: 20.09.2021.
2. Production of precast elements [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.peri3dconstruction.com/references> – Дата доступа: 20.09.2021.
3. Germany's first printed house officially opened [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.peri.com/en/media/press-releases/germanys-first-printed-house-officially-openend.html> – Дата доступа: 20.09.2021.

УДК 72.012.22

**АНАЛИЗ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИТУАЦИИ МИКРОРАЙОНА №8.
ПЛАНИРОВОЧНОЕ, КОМПОЗИЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ****М. А. ТАРАСОВА, Т. А. ТАРАСОВА**
(Представлено: М. М. ШЛЕЙМОВИЧ)

Город Новополюк развивается в восточном направлении, и микрорайон №8 – один из микрорайонов, являющихся «воротами в город». Архитектурные проекты претерпевают множество изменений на пути подготовки к осуществлению, и многие из них не находят отражения в реальности в первоначальном варианте. В данной статье будут исследованы планировочные решения микрорайона №8 и их отличия от проекта.

Микрорайон №8 находится в юго-восточной части города и примыкает к улице Молодежной с северной стороны и лесным массивом санитарно-защитной зоны с южной стороны. Застройка микрорайона №8 началась в апреле 1993 года. Авторы проекта - архитекторы А.А. Вольнец, А.Т. Коротков, М.М. Шлеймович, при участии архитекторов А.С. Колесник, Н.В. Царик [1].

Территория микрорайона занимает площадь около 26 га. Проект района включал три жилые группы, рассчитанные на 13 500 человек. В проекте предусматривались 4 детских учреждения – 2 детсада и 2 общеобразовательные школы. На данный момент в районе функционирует лишь филиал гимназии №1, полноценное учреждение отсутствует.

Сооружение микрорайона началось в 1993 году, но даже сейчас нельзя сказать, что оно завершено.

Планировка микрорайона №8. Микрорайон №8 находится в окружении трех улиц: магистральной улицы категории А (Молодежной), магистральной улицы категории В (Василевцы) и улицей местного значения (Первостроителей). Улица Молодежная обеспечивает транспортную связь микрорайона со всем городом и его центром, а улица Василевцы примыкает к улице Комсомольской – так легко попасть на завод «Нафтан», который является основным местом приложения труда для большей части населения города.

Микрорайон находится на равнинном рельефе, существенных перепад высот здесь нет.

Планировочное решение, заложенное в проекте, заметно отличается от построенного варианта. Парадной площади со стороны улицы Молодежной, которая была заложена в проекте, так и не появилось – теперь там осуществляется бессистемная парковка машин жителями микрорайона [1], [2]. Внутри микрорайона достаточно много мест для стоянки автомобилей, которые спорят с пересекающими район пешеходными дорожками (кстати, их количество в осуществленном строительстве уменьшилось по сравнению с проектом). В сравнении с микрорайоном №7 плюсом организации пешеходного движения в микрорайоне №8 является отсутствие перепадов рельефа и сопровождающих их крутых лестниц, однако в целом здесь пешеходные пути чаще встречаются с парковками транспорта, а также можно заметить попытки жильцов протоптать свои пешеходные дорожки в более удобных направлениях.

Проект планировки представлен на рисунке 1.

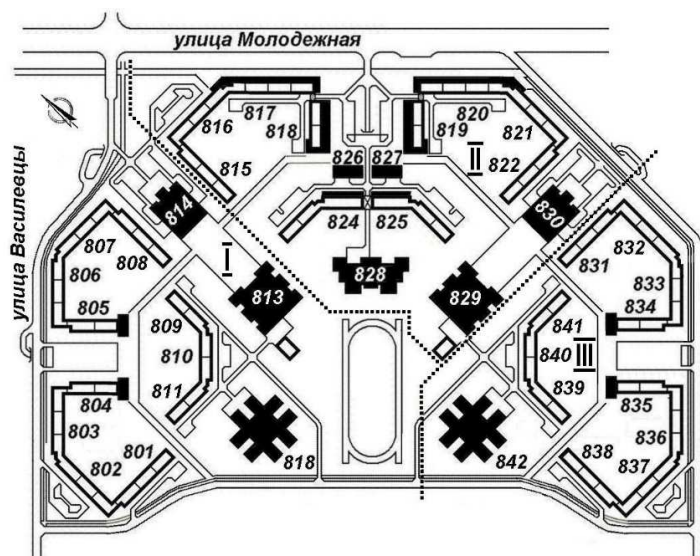


Рисунок 1. –Проект застройки микрорайона №8 в 1987 году [1]

После завершения строительства микрорайон остался без точек обслуживания: здесь нет зданий торговли, лишь недавно появился сад и филиал школы, который с трудом обслуживает существенное население микрорайона. На полноценное здание школы на территории района места не осталось. У существующего филиала в целом благоприятная ориентация по сторонам света: большинство классов ориентированы на запад и восток.

Внутри жилых образований есть детские площадки, однако ощущается недостаток зон для активного отдыха людей старшего возраста, ведь стадион в микрорайоне используется филиалом гимназии №1 и содержит ограждение.

В микрорайоне отсутствуют такие важные планировочные узлы, как объекты торгово-бытового обслуживания, и жильцы этого градостроительного образования вынуждены посещать объекты в микрорайонах №9 и №10 для получения услуг повседневной категории обслуживания.

Микрорайон примыкает к озелененным территориям, однако они являются частью санитарно-защитной зоны завода «Нафтан» и на данный момент никак не благоустроены.

Композиционное решение. От улицы Молодежной внутрь микрорайона через его центр проходит ось, которая по проекту должна была завершаться парадной площадью, что в последствии не осуществилось в строительстве. С композиционной точки зрения район вышел довольно невыразительным: все дома девятиэтажные, композиционной иерархии и взаимодействия главных и второстепенных элементов композиции здесь нет. Первоначальный проект предусматривал развитие композиции с десятиэтажными домами и несколькими высотными доминантами, но из-за применения в зданиях лестниц без устройств незадымления и последующего ответа пожарной службы с указанием к снижению этажности высоту зданий уменьшили до 9 этажей, от высотных доминант отказались. Микрорайон подвергался постоянным перепланировкам, и при окончательном варианте строительства пренебрегли его композиционной значимостью, как образующего въезд в город со стороны города Полоцка элемента. Визуальных акцентов при движении со стороны микрорайона «Полимировский» не образуется, не наблюдается ритмичность композиции застройки, которую пытались создать цветовым решением. Если для микрорайона №7 особенно важным было создание репрезентативной застройки, которая могла бы просматриваться с противоположного берега реки, то микрорайон №8 должен встречать въезжающих в город людей и быть своеобразными воротами Новополоцка [3].

Самым ярким несоответствием существующей ситуации проекту является отсутствие запроектированных детских площадок, школ и объектов торгового обслуживания. Также планировалось создание спортивных, игровых площадок, хорошо связанных с внутрирайонной пешеходной зоной – «изюминкой» проекта. Одним из нововведений должен был стать непосредственный выход из квартир на первых этажах на озелененную площадку. Как уже было сказано ранее, при улице Молодежной так и не сформировалась парадная площадь, которая должна была быть окружена отдельно стоящими зданиями низкой этажности и дополнена торговым освоением первых этажей многоквартирных домов. Автостоянки должны были быть примыкающими к окружающим микрорайон улицам, также проектировалась подземная автостоянка, но эти решения не претворились в жизнь. Для композиционного обогащения внутри микрорайона планировалось создать иерархию вводом зданий повышенной этажности.

После изучения характеристик микрорайона №8 города Новополоцка можно сделать следующие выводы.

Плюсами микрорайона являются:

- наличие некоторых уникальных объектов торгового обслуживания, которые, однако, не соответствуют категории повседневного обслуживания жителей (к примеру, магазин «Хобби»);
- потенциал территории для возможного благоустройства и осуществления некоторых идей проектной стадии.

Минусами микрорайона являются:

- ненадлежащее благоустройство;
- композиционная безликость, отсутствие иерархии и ритма;
- отсутствие полноценных, предусмотренных проектом объектов обслуживания населения;
- ошибки при проведении инженерных коммуникаций;
- непродуманность озеленения и благоустройства придомовых территорий;
- вследствие частых перепланировок район не обладает необходимыми качествами въезда в город, из-за этого многие проектные замыслы не были осуществлены или были забыты;
- пешеходная зона, которая должна была стать отличительной чертой района, часто прерывается транспортными проездами и не образует того благоустроенного пространства, которое было заложено в проекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлеймович М.М. Новополоцк. Год за годом (история, архитектура, строительство). Минск: издательство «Беларусь», 2008. 439 стр.: ил.
2. Шлеймович М.М. Трансформация планировочных решений Восточного жилого района в Новополоцке и перспективы создания его нового архитектурного облика. Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки. № 6, 2009, стр. 25-30.: ил.
3. Шлеймович М.М. Пути совершенствования архитектурно-композиционной организации Новополоцка. Материалы республиканского научно-практического семинара «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов», 2015 г.

УДК 72.012.22

**АНАЛИЗ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СИТУАЦИИ МИКРОРАЙОНА №7.
ПЛАНИРОВОЧНОЕ РЕШЕНИЕ****М. А. ТАРАСОВА, Т. А. ТАРАСОВА**
(Представлено: М. М. ШЛЕЙМОВИЧ)

Город Новополоцк развивается с 1958 года. Ведется строительство новых микрорайонов в восточной части города. Для грамотной застройки, формирования композиционной, стилистической и планировочной связи микрорайонов, необходимо исследовать и изучать существующие планировочные единицы, выявлять их негативные и позитивные характеристики. В данной статье рассмотрены характеристики планировочного решения микрорайона №7 города Новополоцка.

Микрорайон №7. Микрорайон №7 находится в северо-восточной части города и примыкает к реке Западная Двина. На строительство района повлияло расположение завода «Измеритель», построенного в 1976 году на противоположной стороне улицы Молодежная.

Проектирование микрорайона №7 завершилось в 1981 году. Авторами проекта были архитекторы А.Т. Коротков, Н.Н. Лиховидова, Т.С. Страшнова[1], [2].

Вся территория микрорайона занимает площадь около 32 га. Он представляет собой три группы жилых образований с тремя детскими садами на 320 мест и двумя школами. При проектировании было заложено создание двух торговых центров, обслуживающих по 7 тыс. человек каждый.

Сооружение микрорайона осуществлялось с 1983 по 1992 год. Проектный показатель количества населения микрорайона – 14 761 человек.

Планировка микрорайона №7 Микрорайон №7 находится на территории между магистральной улицей категории А (улицей Молодежной) и Западной Двиной. При этом вдоль береговой линии до сих пор существуют жилые усадебные дома деревни Подкостельцы, которая на этапе строительства вызвала проблемы с вертикальной планировкой и прокладкой коммуникаций. В настоящее время территорию микрорайона №7 и деревню Подкостельцы разделяет магистральная улица категории В (улица Якуба Коласа). Улица Молодежная обеспечивает транспортную связь микрорайона со всем городом и его центром, а улица Якуба Коласа на перекрестке Калинина перетекает в Парковую улицу. Поток машин на улице Молодежной интенсивный, но большая часть жилых домов находится на удалении от магистрали, поэтому во дворах довольно тихо. Улица Якуба Коласа не отличается интенсивным машинопоток, поэтому шумовые характеристики здесь не превышают нормативных.

Рельеф местности неравномерный: примыкающая к улице Молодежной часть микрорайона находится на довольно схожих по очертаниям плато, однако по направлению к реке появляются два оврага, в которых находятся здания средних школ №12 и №14 [2], [3].

Пешеходные связи внутри микрорайона в целом удачные: внутри жилых образований сокращено автомобильное движение за счет выноса мест для стоянки машин за их пределы, однако есть несколько точек, где пешеходное движение не организовано должным образом. К примеру, затруднено пешеходное движение по направлению к школьным зданиям. Здесь подъезды к объектам торгово-бытового обслуживания населения пересекаются с местами для стоянки автомобилей у 12-тиэтажных жилых домов, а пешеходный тротуар прерывается в нескольких местах, что создает проблемы и для идущих в школу, и для передвигающихся с помощью личных автомобилей. Затруднение также вызывает овраг, в котором находится школа. По направлению «остановка-школа» кроме неудачной транспортно-пешеходной развязки существует крутая многоступенчатая лестница, не дублирующаяся альтернативными средствами спуска. Эта пешеходная развязка представлена на рисунке 1. Доступ к школе относительно удобен из домов, не примыкающих к улице Молодежная, так как здесь организованы две пешеходные дорожки, огибающие детские сады и проходящие через арки в жилых домах. Однако и здесь присутствуют неудобные и устаревшие лестничные спуски, трудно преодолимые детьми младшего возраста и людьми с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

В проекте предусматривался подземный пешеходный переход по направлению к заводу «Измеритель», однако его демонтировали за ненадобностью и низким уровнем использования жителями микрорайона, а также потенциальной опасностью [2].

В целом, планировочные узлы (школы, торговые центры и детсады) размещены достаточно удачно. Доступ к ним из жилых образований и остановок общественного транспорта быстрый и может быть организован с помощью существующих пешеходных дорожек.



Рисунок 1. –Транспортно-пешеходная развязка по направлению остановки «Измеритель» - средняя школа №12

Несмотря на доступное расположение школ нельзя сказать, что в целом оно удачное. Многие классы ориентированы на северную сторону и не получают должного освещения, школы находятся в оврагах, из-за чего существуют проблемы проникновения света даже с благоприятных направлений. От этого страдает не только показатель инсоляции, но и степень обогрева: в зимнее время в школах довольно прохладно.

Существенным минусом планировочного и композиционного решения микрорайона является его однообразность. Из-за одинакового расположения одинаковых по этажности и пространственной ориентации домов здесь легко заблудиться даже местному жителю.

Одним из плюсов планировочного решения является замысел проекта – освобождение дворовых пространств от автомобильного транспорта.



Рисунок 2. –Дворовое пространство микрорайона №7 без машин

Все подъезды и автостоянки, как уже упоминалось выше, находятся с внешней стороны образований [1], [2]. Это позволило создать обширные детские площадки с возможностью размещения большого количества оборудования разных габаритов (от небольших «рукоходов» до масштабного игрового комплекса – детской крепости) и малых архитектурных форм.

Жителям района достаточно преодолеть лишь одну преграду в виде улицы Якуба Коласа, чтобы попасть к парковым территориям у реки Западная Двина.

Таким образом, микрорайон №7 – единственный микрорайон города Новополоцка, в котором изначальное планировочное решение было воплощено в полной мере. Плюсами микрорайона являются доступные объекты обслуживания и школы, освобожденные от автомобильного транспорта дворы. Минусами – однообразная планировка, пересекающиеся пешеходные и транспортные связи, перепады рельефа без дублирования лестниц подъемными устройствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлеймович М.М. Новополоцк. Год за годом (история, архитектура, строительство). Минск: издательство «Беларусь», 2008. 439 стр.: ил.
2. Шлеймович М.М. Трансформация планировочных решений Восточного жилого района в Новополоцке и перспективы создания его нового архитектурного облика. Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки. № 6, 2009, стр. 25-30.: ил.
3. Шлеймович М.М. Пути совершенствования архитектурно-композиционной организации Новополоцка. Материалы республиканского научно-практического семинара «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов», 2015 г.

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 004.946:528.083

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

К. С. АЛЕКСЕЕВА

(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)

В настоящее время одним из перспективных направлений в сфере информационных технологий является дополненная реальность (AR), представляющая собой новый способ представления данных. Основная цель статьи заключается в изучении возможности применения в геодезии и картографии технологии дополненной реальности, которая предоставляет новый, более интерактивный, удобный и быстрый подход к отображению геопространственных данных.

Первая разработка дополненной реальности была реализована в 1968 году в Гарварде, когда ученый Иван Сазерленд (Ivan Sutherland) создал устройство проецирования условной среды на физическую. С того времени многие компании и лаборатории занялись развитием и модернизацией технологии.

Официальным стартом «бума» дополненной реальности стоит считать 2010 год. Тогда журнал Time впервые внёс дополненную реальность в перечень научно-технических направлений современности. Начиная с данного времени, разработка интенсивно раскручивалась в военных, производственных и маркетинговых целях, но всё равно оставалась узконаправленной. Огромное количество компаний строили проекты на дополненной реальности для своей рекламы, но рынок лениво реагировал на AR, и разработки в данной сфере фактически не вызывали особой реакции.

Пока не случилось событие, после которого о дополненной реальности заговорили фактически все. И что самое удивительное, этот продукт не использовал дополненную реальность, а создавал псевдо-чувство её наличия, хотя в массовом сознании AR надёжно связалась именно с ним. Речь идет о вышедшей в 2016 году игре Pokemon GO.

Крупнейшие мировые бренды, такие как IKEA, Microsoft, Lowe, Volvo и многие другие, не только экспериментируют с дополненной реальностью, но и осуществляют промышленное введение данной технологии, предлагая посетителям новый сервис.

Дополненная реальность – результат введения в зрительное поле человека любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружающем пространстве. В настоящее время это одно из самых перспективных направлений IT-разработок. AR способна сделать восприятие информации человеком намного проще и нагляднее.

Дополненная действительность – это, прежде всего, технология, с помощью которой истинные объекты приобретают свежие свойства и раскрываются пользователю с другой стороны. Принцип дополненной реальности содержится в наложении условных объектов на существующие объекты в режиме реального времени. Связь технических средств с изображением реального мира отличает дополненную реальность от виртуальной.

Возможно выделить несколько причин актуальности дополненной реальности:

1. Доступность информации в реальном времени.
2. Интерактивность. Благодаря этому свойству дополненной реальности взаимодействие пользователя с объектом позволяет создавать большое число разнообразных способов обучения, так как объекты представляются весьма реалистично. Например, человек может отремонтировать двигатель и в реальном времени получать руководство по выполнению работы.
3. «Вау»-эффект. Нестандартный способ представления информации, позволяющий притягивать внимание, а также усиливать запоминание. На данный момент это очень важно в образовании, так как дети могут воспринимать процесс обучения более интересным и наглядным.
4. Реалистичность. Дополненная реальность заметно увеличивает эффект воздействия на зрителя по сравнению с виртуальным восприятием.
5. Инновационность. Дополненная реальность воспринимается как нечто новое, выдающееся и современное, что переносит пользователя в параллельный мир и учит его в нем.
6. Новые способы применения дополненной реальности практически безграничны.

Человек владеет целым набором органов чувств, которые позволяют ему получить понятие об окружающем пространстве. Дополненная реальность является посредником между реальностью и человеком, а значит, на выходе она должна создавать сигнал для одного из таких органов. Таким образом, по типу представления информации можно отметить следующие AR-системы:

Визуальные. В основе этих систем лежит визуальное восприятие человека. Цель подобных систем – создать изображение, которое может быть использовано человеком для решения своих задач. Данный вид систем является более распространенным в связи с особенностями человеческого восприятия – картинка для человека является более информативной и понятной.

Аудио. Системы этого типа ориентированы на слуховое восприятие. Как правило, данные системы применяются в качестве навигаторов. Когда человек оказывается в определенном месте, они могут воспроизводить разные звуки. Возможно применение стереоскопического эффекта, что позволяет человеку двигаться в нужном направлении, ориентируясь на источник звука. Примером подобной системы является *Hear&There*.

Аудиовизуальные. Данные системы представляют собой комбинацию двух вышеуказанных типов, однако аудиоинформация в них носит вспомогательный характер.

Системы дополненной действительности собирают информацию об окружающей среде, и на основе этой информации строятся виртуальные объекты. Каждая из таких систем владеет определенным набором сенсоров – устройств, позволяющих фиксировать всевозможные сигналы окружающей среды: звуковые и электромагнитные колебания, ускорение и т.п. Для классификации имеет смысл разделять сенсоры не по типам регистрируемых физических величин, а по их назначению, поскольку схожие по своей природе сигналы могут нести разнообразную информацию. По типу сенсоров можно отметить следующие системы:

Геопозиционные. Данные системы ориентируются в первую очередь на сигналы систем позиционирования GPS либо ГЛОНАСС. В дополнение к приемникам подобных сигналов геопозиционные системы могут быть оборудованы компасом и акселерометром для определения угла поворота относительно вертикали и азимута.

Оптические. Данные системы работают с изображением, полученным с одной или нескольких камер. Камеры могут передвигаться вместе с системой либо вне зависимости от нее.

Системы могут различаться по степени взаимодействия с пользователем. В ряде систем пользователь играет пассивную роль, он следит за реакцией системы на изменение окружающей среды. Но существуют и системы, требующие активного вмешательства пользователя – он может управлять как работой самой системы с целью достижения результатов, так и изменять условные объекты. По этому признаку можно выделить следующие системы:

Автономные. Такие системы не требуют вмешательства пользователя для своей работы. Цель таких систем сводится к предоставлению информации об объектах. Например, подобные системы могут анализировать объекты, находящиеся в поле зрения человека и выдавать о них справочную информацию. Также подобные системы используются в медицине. Например, концепция *Gait Aid* применяется для того, чтобы путем применения виртуальных предметов передавать мозгу дополнительную информацию, помогающую согласовывать движения. Эта система используется людьми с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

Интерактивные. Работа этих систем строится на взаимодействии с пользователем. На различные действия пользователя подобные системы дают различный ответ. Данные системы нуждаются в устройстве ввода информации. В качестве такового устройства может выступать сенсорный экран мобильного устройства, планшет или специальный манипулятор. Выбор устройств ввода зависит от специфики системы. В случае если пользователю необходимо совершать несложные действия с виртуальным объектом, достаточно простого указывающего устройства. В случае же имитации каких-либо реальных процессов и выполнения непростых манипуляций с объектами, применяются особые манипуляторы, имеющие разнообразное количество степеней свободы. Примером могут служить устройства *PHANTOM*.

Интерактивность может быть выражена в разной степени. Существуют системы, позволяющие пользователю активно изменять виртуальную среду. В основном это системы-симуляторы каких-либо реальных действий. Они используются в случае, если применение настоящих предметов невозможно. Это могут быть, например, медицинские тренажеры, позволяющие молодым врачам вырабатывать необходимые навыки.

Имеются и иные системы, в которых пользователю не требуется изменять условную среду. Вместо этого он выбирает, какие виртуальные объекты желает видеть. Пользователь еще имеет возможность манипулировать условными объектами, однако не на уровне структуры, а на уровне отображения, т.е. делать, скажем аффинные преобразования типа поворота, перемещения и т.п. К данной группе относятся всевозможные архитектурные системы, позволяющие увидеть, как впишется в существующую

обстановку свежее сооружение или его часть, а также навигационные и геоинформационные системы. Подобные системы могут, например, демонстрировать части объектов интереса, скрытые иными постройками, информацию о выбранных объектах и т.д.

Также по степени мобильности можно отметить следующие системы дополненной реальности:

Стационарные. Системы данного типа предназначены для работы в фиксированном месте; смещение таких систем ведет к частичной или полной приостановке их функционирования.

Мобильные. Системы данного типа могут быть без труда перемещены; нередко их смещение и лежит в основе выполняемой ими функции.

Принадлежность к тому или иному типу определяется функциями системы. Так, симулятор хирургического стола не должен быть мобильным, поскольку его цель – позволить человеку действовать в условиях, предельно приближенных к реальным. В то же время навигационная система должна быть такой, чтобы она могла передвигаться вместе с транспортным средством или человеком, не создавая лишних расходов на ее перемещение.

Сферы применения технологии дополненной реальности весьма обширны. На данный момент имеется достаточно внушительный спектр областей, в которых используется дополненная реальность: медицина, образование, картография и ГИС, проектирование и дизайн и др.

В медицине эти технологии применяются для создания реалистичных тренажеров, которые позволяют врачам практиковаться и проводить всевозможные хирургические операции. При этом интерактивность и реалистичность тренажеров позволяют предотвратить ошибки врачей при проведении полноценных операций.

Очень значительную роль дополненная реальность играет в области образования. С помощью этой технологии стало возможным производить совершенно новые учебные, интерактивные пособия, виртуальные стенды. При помощи этих технологий возможно визуализировать любое понятие, а также просмотреть и изучить его. Данные технологии поднимают образование на совершенно другой, качественный уровень.

В картографии и ГИС дополненная реальность стала очень популярна в мобильных устройствах. Такая система позволяет с легкостью ориентироваться на местности при помощи идентификации окружающих объектов.

Одним из самых популярных примеров использования дополненной реальности является так называемое «Исследование города». Человек, находясь в незнакомом квартале или в просто в новом городе может просто воспользоваться AR-приложением. В подобных приложениях есть фильтрация (отсечение лишней информации) по категории, позволяющей найти именно то, что необходимо в данный момент, например, кофейню, вокзал или библиотеку. Ключевым превосходством подобных программ является отсутствие возможности заблудиться, так как программа автоматически настраивается на расположение пользователя, поэтому ее указания всегда точны и понятны. Уже существует множество таких программ, например City Lens от Nokia, Wikitude и др.

Рассмотрим возможности использования технологии дополненной реальности для решения геопространственных задач.

Получение информации о подземных коммуникациях. Компания из Новой Зеландии представила приложение для планшетов и смартфонов под названием Augview. Как сообщается на сайте компании, с дополненной реальностью мобильное программное обеспечение ГИС становится гораздо более умным и эффективным инструментом для использования в полевых условиях.

Суть программы состоит в использовании данных геоинформационных систем (ГИС) в сочетании с датчиками мобильного устройства. Augview способен перевести информацию различных коммунальных служб в изображения подземных коммуникаций и арматуры, а затем наложить их на реальное изображение, полученное с помощью видеокамеры мобильного устройства. Это позволяет персоналу ремонтных и коммунальных служб увидеть в месте проведения работ скрытые подземные объекты, которые не видны невооруженным глазом, например, подземный кабель или трубу водоснабжения. С помощью расширенной реальности пользователь может видеть на дисплее расположение кабеля или трубы, а также характеристики этих объектов.

С помощью Augview также можно узнать технические данные о подземных коммуникациях, также полученные из баз данных. Встроенный редактор атрибутов предоставляет возможность корректировки данных на местах по фактическим характеристикам объекта, что значительно повышает достоверность информационных баз. Это позволяет другим пользователям получать актуальные обновления, повышая безопасность проведения работ.

Очевидно, что возможности системы в значительной степени зависят от объема и качества геолокационных данных, которые доступны пользователю. При наличии нескольких источников данных, таких как базы данных водоснабжающих компаний и городских кабельных сетей, использование програм-

мы превращается в удовольствие. На месте можно увидеть расположение подземного кабеля или трубопровода, технологические колодцы поблизости, подтвердить полученные результаты с помощью трассоискателя, а при необходимости, скорректировать расположение того или иного виртуального объекта на карте прямо на дисплее своего мобильного устройства, после чего обновленная информация станет доступна всем пользователям программы.

Проектирование и строительство зданий и сооружений. Строительство является одной из старейших отраслей в мире. С самых первых дней ученые и инженеры разрабатывают новые инструменты, чтобы способствовать ее развитию. Уже сейчас создаются прототипы автономных грузовиков и строительных роботов.

Неудивительно, что дополненная реальность нашла свое место среди всего этого прогресса. Например, исследователи из Virginia Tech разрабатывают интерфейс на основе дополненной реальности для мощных экзоскелетов, которые будут способствовать повышению производительности работников в промышленном секторе.

Все больше и больше компаний используют AR моделирование, чтобы оживить трехмерные чертежи. Загрузка BIM модели в программное обеспечение и использование планшета или пары AR очков дают работникам возможность детально осмотреть и проверить трехмерный план здания.

Например, такие компании, как Daqri и Intellectsoft, используют AR технологии, чтобы реалистично рендерить BIM модели. Daqri предлагает партнерам в строительной отрасли свои флагманские смарт-очки в сочетании с набором AR приложений. Intellectsoft сотрудничает с Microsoft, чтобы использовать свою технологию на основе HoloLens.

Есть даже более простые решения, не требующие дорогостоящих AR гарнитур. Например, консалтинговая компания MLM Group использует для демонстрации своих проектов WakingApp. Приложение создает 3D-модели из чертежей всего за 30 минут. Клиенты и члены команды могут затем просмотреть модели из мобильного приложения MLM и спроецировать их поверх оригинального чертежа проекта.

AR технология обеспечивает клиентам больший контроль и понимание проекта. Они могут визуализировать всё до мельчайших подробностей, чтобы еще до начала строительных работ точно определить и понять, сочетаются ли предметы интерьера и поместится ли необходимое оборудование. Дизайнеры и архитекторы могут использовать эту технологию при выборе материалов и планировке территории. Когда цифровая модель накладывается на фактическую строительную площадку, рабочие получают возможность увидеть части конструкции в том виде, в каком они должны быть установлены. Они могут видеть воздуховоды и трубы еще до монтажа, а также заранее заметить части, нуждающиеся в усилении или модификации. Они также могут проводить измерения с высокой точностью, предотвращая дорогостоящие ошибки.

Строительные рабочие чрезвычайно часто получают серьезные и даже смертельные травмы. Дополненная реальность потенциально может снизить эту статистику. Например, технология позволяет рабочим видеть оборудование и строительные объекты, наложенные на еще пустую площадку. Это позволяет команде подготовиться и проверить территорию на предмет наличия угроз безопасности до официального начала работы.

Позже инспекторы могут обследовать рабочую площадку и сравнить в режиме реального времени реальную конструкцию с полномасштабной цифровой моделью. Они могут отметить любые различия, которые могут быть представлять собой опасность для работников.

Технология дополненной реальности также облегчает процесс обучения рабочих. Новые сотрудники могут тренироваться в использовании потенциально опасного оборудования в безопасной среде. Вместо голы теории, они получают практические знания и оттачивают мышечную память, что позволяет работникам учиться работать со строительной техникой быстрее и безопаснее.

Навигационная помощь. Навигация в дополненной реальности (AR-навигация) – это вспомогательный инструмент, предназначенный для повышения удобства и безопасности движения. Например, в условиях плохой видимости изображение с дополненной реальностью на экране будет весьма полезным для пользователя.

Существует две категории AR-навигации: indoor и outdoor.

Indoor-навигация используется для перемещения внутри помещения и демонстрации контента по пути следования. Кроме проложения маршрута она позволяет решать задачи информирования, рекламы и развлечения. AR-навигация применяется в аэропортах, офисах, выставках. В дополненной реальности может быть реализован «проводник». Обычно это 3D-персонаж, за которым следует пользователь, либо вдоль пола или стен указатели направления.

Outdoor-навигация используется для открытых пространств. В дополненной реальности пользователь видит подсказки, направляющие его по заданному маршруту. Одним из таких приложений является Google Maps.

В заключение следует отметить, что AR технология стала ценным инструментом, применение которого повышает качество решения различных задач. Сейчас появилось больше возможностей для решений с дополненной реальностью, но их вариативность зависит от того, на какой платформе они созданы. Уже существует достаточно много программных продуктов, которые позволяют нам видеть окружающий мир с другой стороны. На базе приложения AR-опыт будет наиболее насыщенным за счёт возможности использовать высокое качество графики и различные по сложности интерактивы. Таким образом, дополненная реальность является значимым и важным инструментом для любых сфер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дополненная реальность (AR) – инновационная технология наложения виртуальной информации на реальный мир. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arpoint.ru/augmentedreality.php> – Дата доступа: 28.03.2021.
2. Шавва, А.А. Дополненная реальность в проектировании и строительстве / А.А.Шавва – Санкт-Петербург, 2005. - 123 с.
3. Иванова, А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения /А.В. Иванова// Стратегические решения и риск-менеджмент.– 2018.– №3.– С. 96-102.
4. Яковлев, Б. С. Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности / Б. С. Яковлев, С. И. Пустов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – Вып.3.– С.484-492.
5. Будущее ГИС-отрасли: 3D, AR и VR [Электронный ресурс]. – Совзонд. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/news/corporate/4740/> – Дата доступа: 28.03.2021.

УДК 004.946:528.489

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ****К. С. АЛЕКСЕЕВА***(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)*

Программные средства дополненной реальности обретают всю большую популярность не только в развлекательном плане, но и в производственной деятельности. В статье рассмотрены программные продукты, генерирующие дополненную реальность, которые могут использоваться в сфере геодезии и навигации.

Дополненная реальность – это среда, дополняющая окружающий нас мир в реальном времени. Она создается проецированием цифровой информации (текста, изображений, графики, видео) на экран различных устройств [1]. Достигается это с помощью специальных программ для очков дополненной реальности, смартфонов, планшетов, стационарных экранов или проекционных устройств. Таким образом реальный мир дополняется искусственными элементами и новой информацией.

Существуют различия между дополненной (Augmented Reality, AR), виртуальной (Virtual Reality, VR) и смешанной (Mixed Reality, MR) реальностями. Виртуальная реальность создает новый, искусственный мир, куда может погрузиться человек с помощью специальных гаджетов, а дополненная реальность добавляет виртуальные элементы в мир реальный. Получается, что VR взаимодействует лишь с пользователями, а AR – со всем внешним миром. Смешанная реальность объединяет оба подхода.

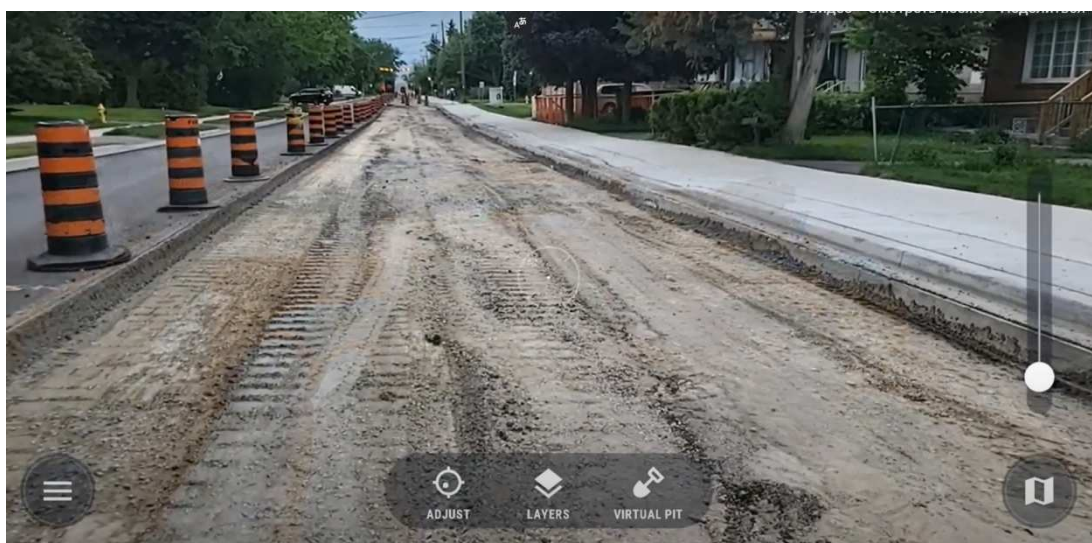
Создание дополненной реальности можно разделить на следующие этапы [2]:

- камера AR-устройства фиксирует изображение реального объекта;
- программное обеспечение устройства идентифицирует полученное изображение и выбирает визуальное дополнение, ему соответствующее;
- программа объединяет реальное изображение с виртуальным и отображает конечное изображение на устройстве визуализации.

Рассмотрим использование дополненной реальности на примере некоторых приложений.

Приложение vGIS [3] – ведущая платформа визуализации дополненной и расширенной реальности. vGIS преобразует пространственные данные – BIM, ГИС и захват участка территории - в описательные визуальные эффекты AR. Визуальные эффекты AR генерируются в реальном времени и позиционируются в пространстве с высокой точностью (рисунки 1-2).

vGIS отображает виртуальные проекты и существующую инфраструктуру в полевых условиях и в режиме реального времени, помогая пользователям быстрее находить требуемые объекты, обнаруживать проблемы и улучшать совместную работу.

**Рисунок 1. – Отображение реального мира**

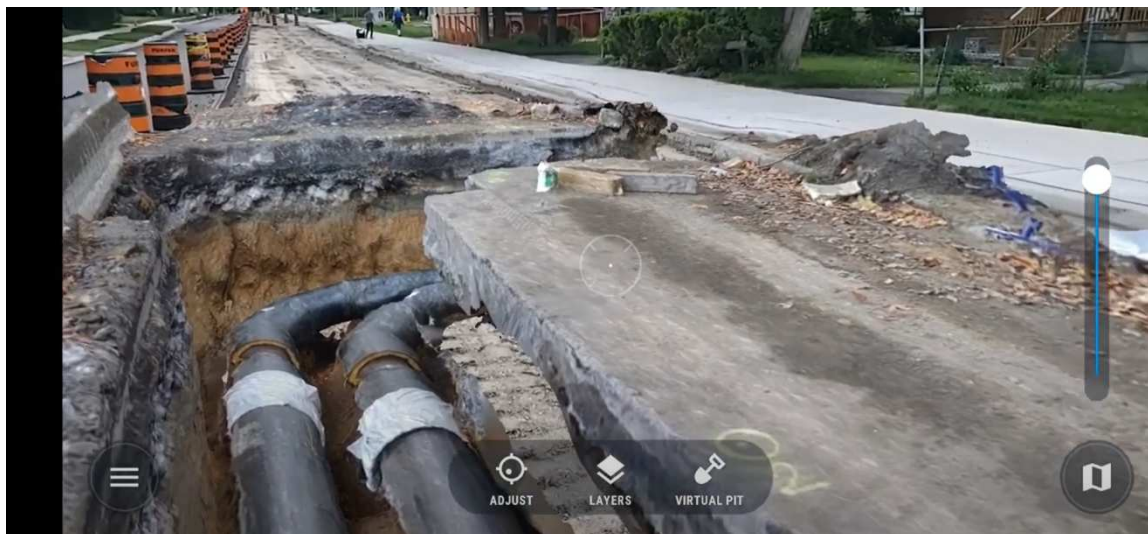


Рисунок 2. – Наложение информации о подземных коммуникациях

Используя мобильное устройство, например телефон Android, iPhone или планшет, можно наблюдать за своими проектами и подземной инженерной инфраструктурой во время прогулки по рабочей зоне. Здания, системы водоснабжения и канализации, газовые и электрические сети и другие сооружения появляются в поле зрения камеры мобильного устройства как естественное продолжение реального мира

vGIS можно использовать на рабочих местах для обнаружения ошибок проектирования, предотвращения конфликтов дизайна и облегчения взаимодействия между членами проектной группы. Коммунальные предприятия могут использовать vGIS для поиска и ремонта объектов инфраструктуры, предотвращения случайных разрывов коммуникаций при проведении земляных работ.

Следующее приложение Google Measure – приложение для измерения объектов через камеру смартфона [4].

Measure стал первой официальной AR-линейкой от Google. В первой версии приложения функций немного: пользователям доступно лишь измерение длины и высоты объектов. Изображение с камеры с наложенными поверх линейками можно сфотографировать, и оно сохранится в галерее.

Measure использует пространственные функции ARCore для измерения объектов реального мира. Просто направив камеру своего телефона на конкретный предмет можно получить расстояние от одного угла до другого. Пример измерения объекта приведен на рисунке 3.

С помощью приложения Google Measure можно быстро и легко измерить длину и высоту любого объекта, не используя при этом измерительные приборы: линейку или рулетку. Достаточно всего лишь запустить данную программу для работы. Однако, если говорить о точности измерений, то она невысокая.

Особенности программы:

- быстрое определение параметров предмета: длина, ширина, высота, толщина и т.д.;
- переключение между метрами, сантиметрами и дюймами;
- удобное сохранение сделанных фотографий с данными в памяти устройства;
- поиск плоских поверхностей при помощи перемещения телефона в пространстве.

Широко распространена технология дополненной реальности и в сфере геолокации и туризма. Многие смартфоны сегодня имеют встроенные GPS-навигаторы, а также существуют



Рисунок 3. – Измерение расстояния с помощью Google Measure

специализированные навигационные устройства. Благодаря функции отслеживания устройства в пространстве, технология дополненной реальности предоставляет возможность сориентироваться на местности, проложить маршрут следования, изучить информацию о встретившейся достопримечательности. Наиболее распространенным приложением такого типа является система «2GIS» [5]. Фрагмент рабочего окна данного программного продукта приведен на рисунке 4.

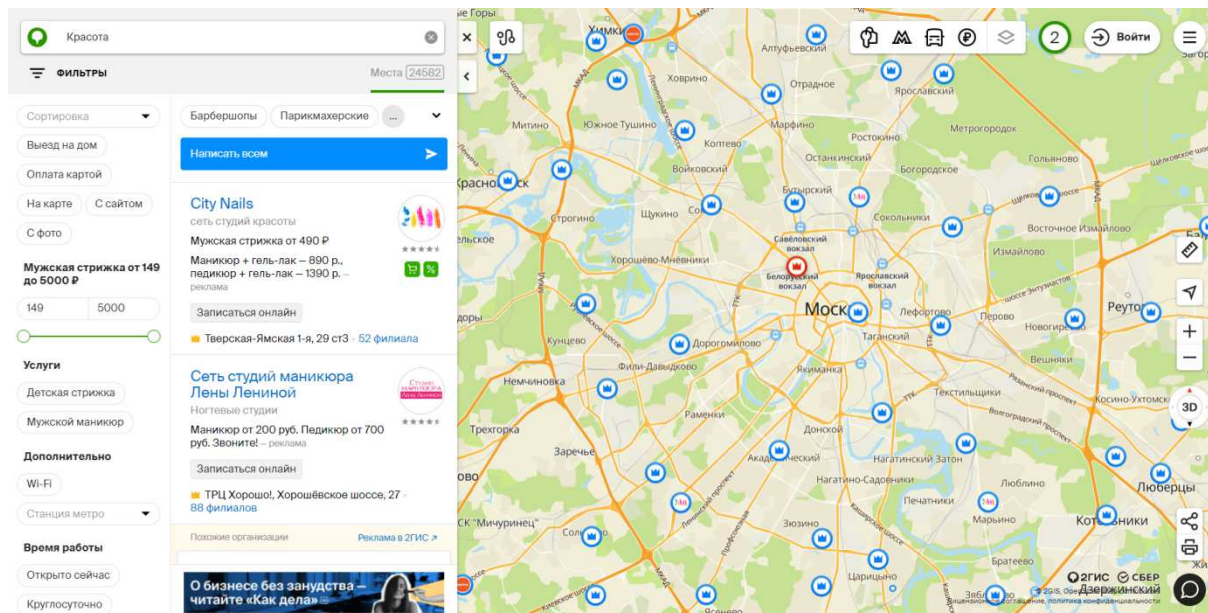


Рисунок 4. – Программная среда «2GIS»

Компания заявляет, что придерживается стандартов 95 % точности данных. Обеспечением этих показателей занимаются ГИС-специалисты, выверяющие карты на местности и контакт-центр, актуализирующий информацию в справочнике.

Для каждой организации в справочнике приведены адрес, телефон, время работы, интернет-адрес и расположение входа в здание. Помимо этого, в так называемой карточке компании может содержаться информация, специфическая для рода деятельности организации, например, способы оплаты, виды кухни (для заведений общепита), перечень услуг и т.п.

Поисковый движок 2 GIS может находить организации по запросам не только на русском, но и на языках остальных стран присутствия проекта.

Карты 2GIS отрисовываются на основе спутниковых снимков территории, а затем выверяются специалистами-«пешеходами». Трехмерные модели зданий изготавливаются на основе снимков строения с нескольких ракурсов.

В заключение следует отметить, что технология дополненной реальности может использоваться и в сфере геодезии. С ее помощью отдельные виды геодезических работ, например, съемка подземных коммуникаций, приобретают совершенно иную концепцию выполнения. И это позволяет более эффективно решать поставленные задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смолин, А.А. Система виртуальной, дополненной и смешанной реальности/ А.А.Смолин – Санкт-Петербург, 2018. – 61с.
2. Технологии и алгоритмы дополненной реальности [Электронный ресурс]. – Ареал. – Режим доступа: <https://blog.arealidea.ru/articles/mobile/tekhnologii-i-algoritmy-dlya-sozdaniya-dopolnennoy-realnosti/> – Дата доступа: 20.06.2021
3. Высокоточная дополненная реальность для ВМ, ГИС и захвата реальности [Электронный ресурс]. – vGIS – Режим доступа: <https://www.vgis.io/> – Дата доступа: 23.06.2021
4. Google Measure — приложение для измерения предметов через камеру смартфона [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://liferhacker.ru/google-measure/> – Дата доступа: 20.06.2021
5. 2ГИС – это бесплатный справочник с картой города. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://info.2gis.com/index_ru.html – Дата доступа: 23.06.2021

УДК 528.16:681.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЯЗИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОБЩЕЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА И МЕСТНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Е. В. БИЗНЯ, А. А. ПАНКОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. В. ЯЛТЫХОВ)

Современные навигационные спутниковые системы позволяют определить пространственные координаты любой точки поверхности Земли в общеземных системах отсчета, а результаты топографо-геодезических работ обычно представляют в местных или локальных системах координат. Для связи общеземной системы координат и местной необходимо определить параметры перехода (ключ), которые позволяют в дальнейшем выполнять перевычисления координат для любых точек территории. В данной статье рассматриваются вопросы преобразования пространственных координат пунктов, полученных с использованием геодезических спутниковых приемников в местные системы координат.

Ключевые слова: система координат, система отсчёта, параметры связи, трансформирование.

Существует большое количество систем координат, отличающихся началом отсчета, параметрами. Для того, чтобы переходить от одной СК к другой требуется знать параметры перехода, которые не всегда доступны и имеются в открытом доступе.

На сегодняшний день в Республике Беларусь основным провайдером по предоставлению измерительной и корректирующей информации сети спутниковых референчных станций является государственное предприятие «Белгеодезия».

Так же в последнее время достаточно быстро развивается сеть референчных GNSS-станций российской группы компаний EFT GROUP. Пространственные координаты этих станций определены в системе отсчета ITRF-2014 и для использования данной сети референчных GNSS-станций на территории РБ необходимо знать параметры перехода к государственной и местным системам координат.

Оказанием услуг на территории Республики Беларусь по трансформированию (перевычислению) координат осуществляется государственным предприятием "Белгеодезия" для следующих систем координат [1]:

- Исходная система отсчета координат: ITRF2005 (WGS-84), СК-63 или МСК
- Целевая система координат: ITRF2005 (WGS-84), СК-63 или МСК

Однако системы отсчета ITRF2014 нет в этом списке.

Международная общеземная система отсчета ITRS имеет множество реализаций отчетной основой ITRF. Последняя реализация как решение для сети опорных пунктов IGS ITRF2014. Предшествующая реализация – ITRF2005, отнесенная к эпохе 0:00:00 1.01.2000. ITRS реализуется Международной общеземной отчетной основой ITRF. В настоящее время известно 11 версий ITRF. Каждое последующее решение превосходило по своей точности предшествующее.

Международные опорные системы отсчета ITRF2014 и ITRF2005 имеют официальные параметры связи, опубликованные в [2]. Тогда трансформирование координат можно выполнить и самостоятельно, используя основные формулы параметров перехода.

Определение параметров связи системы отсчета ITRF2014 с государственной и местными системам координат можно выполнить по следующей схеме, приведенной на рисунке 1:



Рисунок 1. – Схема определение параметров связи

Имея наборы координат в ITRF2005 и МСК, необходимо перевычислить координаты из ITRF2005 в ITRF2014 и далее определить 7 параметров Гельмерта для 3D-преобразований координат и параметры проекции МСК ($L_0, \Delta x, \Delta y$).

ITRF-2005 и ITRF-2014 имеют официальные параметры связи, однако для корректного пересчета необходимо знать скорости изменения координат в этих системах отсчета.

Для территории РБ таких официальных данных нет. В прошлом году в сеть EUREF были включены 10 станций спутниковой системы точного позиционирования, для которых скорости изменения координат не вычисляются, потому что пока имеют класс В.

Единственным вариантом для расчета скоростей изменения координат на территории РБ, который мы нашли, было использование модели движения тектонических плит для ITRF-2014. Эта модель была получена путем моделирования нелинейных движений станций IGS, включая наблюдения еще длиннобазисную интерферометрию, спутниковую лазерную локацию (SLR) и доплеровские наблюдения со спутника DORIS. Для определения скоростей изменения координат в ITRF-2014 можно воспользоваться онлайн-калькулятором представленном на сайте **UNAVCO**. Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Система координат	Широта	Долгота	Скорость мм/год	По x мм/год	По y мм/год	По z мм/год	Плита
ITRF2014 [2016]	55°31'50,68" С 55.530744°	28°37'54,28" В 28.631744°	25.51	-19.96	14.01	7.47	Евразийская

Перевычисление координат из ITRF-2005(23.04.2008) в ITRF-2005(01.01.2010) может быть выполнено по формулам:

$$\begin{aligned} X_{yy}(t_c) &= X_{yy}(t_0) + v_x(t_c - t_0) \\ Y_{yy}(t_c) &= Y_{yy}(t_0) + v_y(t_c - t_0) \\ Z_{yy}(t_c) &= Z_{yy}(t_0) + v_z(t_c - t_0) \end{aligned} \quad (1)$$

где $X_{yy}(t_0), Y_{yy}(t_0), Z_{yy}(t_0)$ - значение пространственных координат на эпоху t_0

$X_{yy}(t_c), Y_{yy}(t_c), Z_{yy}(t_c)$ - значение пространственных координат на эпоху t_c

v_x, v_y, v_z - годовые скорости изменения координат.

Преобразование координат из ITRF-2005 в ITRF-2005, приведенные к одной эпохе можно выполнить по формулам [3]

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}_B = (1+m) \begin{pmatrix} 1+w_z & -w_y \\ -w_z & 1+w_x \\ +w_y & -w_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}_A \quad (2)$$

Где уравнение (2) содержит семь параметров связи – три линейных $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ (смещение начала системы Б относительно системы А), три угловых – $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ (углы разворота координатных осей) и масштабный коэффициент m .

Для решения задачи определения параметров связи ITRF-2014 и местной системы координат мы использовали 7 точек. Для этих точек были известны координаты в ITRF-2005 и МСК.

Перевычисление координат из ITRF-2005 в ITRF-2014 выполнялось с помощью онлайн-калькулятора представленном на сайте EUREF. EUREF -международная организация - занимается определением, реализацией и поддержанием Европейской системы отсчета - геодезической инфраструктуры для многонациональных проектов.

Далее для вычисления параметров перехода из ITRF-2014 в СК-42 использовалось бесплатное программное обеспечение компании Ракурс – «Вычисление 7 параметров».

В результате вычислений были получены 7 параметров Гельмерта, которые включают в себя смещение начала пространственной системы координат, углы разворота осей пространственных систем координат и масштабный коэффициент. Результаты вычислений приведены на рис. 2.

На следующем этапе пространственные координаты преобразуются в плоские прямоугольные координаты в заданной проекции на плоскость. Параметры проекции включают в себя долготу осевого меридиана, условное смещение начала местной системы координат по осям x и y. Определив эти параметры, можно выполнять преобразование координат с ITRF-2014 в МСК.

Для решения этой задачи есть простой и универсальный способ – библиотека PROJ.4. Библиотека поддерживает множество разных типов проекций включенных в реестр идентификаторов картографических проекций EPSG. На сегодняшний день реестр идентификаторов картографических проекций EPSG является стандартом и любая картографическая проекция, которая претендует быть включенной в ГИС, должна получить соответствующий уникальный номер в реестре.

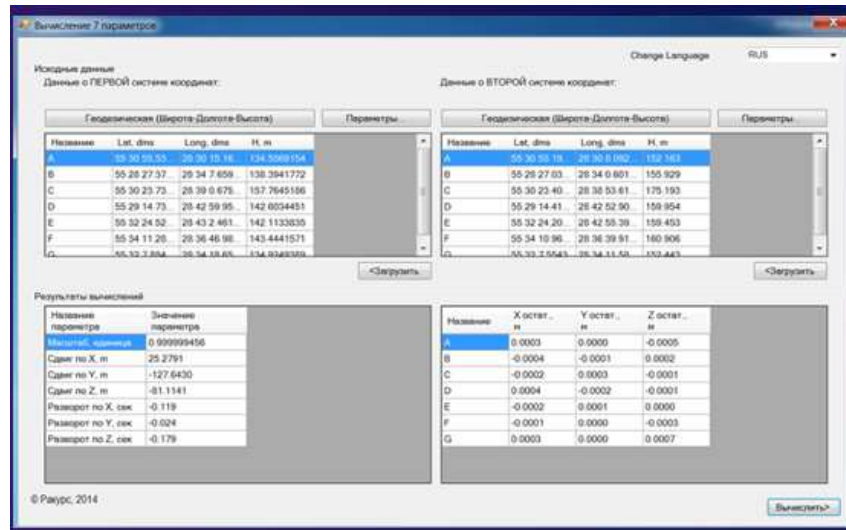


Рисунок 2. – Вычисление параметров в программном продукте «Вычисление 7 параметров»

Но если предустановленных проекций недостаточно, то возможно определение и пользовательских проекций и систем координат. Библиотека PROJ.4 является бесплатной и также реализована в виде онлайн калькулятора, представленном на сайте [4].

Для трансформирования координат, используя полученные параметры, необходимо составить текстовую строку. Строка proj состоит из спецификатора проекции, +proj, ряда параметров, которые применяются к проекции, и описания смещения датума. Для полученных параметров строка proj будет иметь вид:

```
+proj=tmmerc lat_0=0 lon_0=30 k=1 x_0=99559.404 y_0=-6140215.016 +ellps=krass
+towgs84=25.2791,-127.6430,-81.1141,0.119,0.024,0.179,-0.544 +units=m +no_defs +axis=neu
```

где жирным шрифтом выделены параметры проекции, а подчеркнутым – вычисленные значения 7-ми параметров Гельмерта. При использовании онлайн-калькулятора строку из полученных параметров перехода копируем в окно справа.

Описание входной системы координат оставляем без изменений. Далее в окне слева вводим широту, долготу перевычисляемых точек и в окне справа получаем их координаты в МСК (рис. 3).

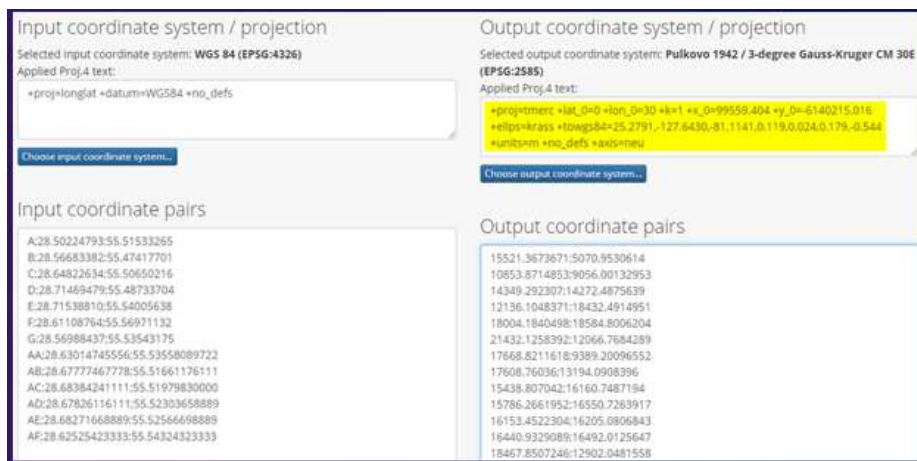


Рисунок 3. – Преобразование координат с ITRF-2014 в МСК с использованием библиотеки PROJ.4

Схема размещения точек представлена на рис. 4, где красным цветом показаны точки по которым определялись элементы преобразования систем координат, а голубым цветом - точки, которые не участвовали в определении параметров связи.

Для контроля и оценки определения полученных параметров были вычислены разности координат контрольных точек. Результаты вычислений приведены в табл. 2.

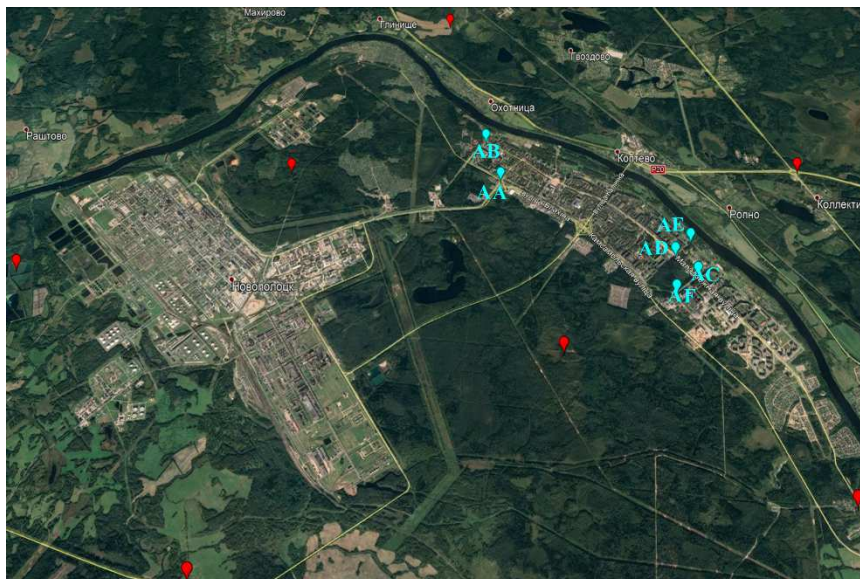


Рисунок 4. – Схема размещения точек

Таблица 2

№ точек	Разности координат контрольных точек	
	Dx, м	Dy, м
AA	-0,017	-0,004
AB	-0,005	0,039
AC	-0,038	0,020
AD	-0,014	-0,067
AE	-0,064	-0,008
AF	-0,033	0,036

Разности координат на контрольных точках могут быть обусловлены:

- Ошибкой определения координат базовой станции EFT «Новополоцк»
- Ошибками определения координат контрольных точек
- Деформациями сети полигонометрии г. Новополоцка

Таким образом, используя полученные параметры (ключ МСК) возможно выполнять перевычисления координат из ITRF-2014 в МСК для любых точек на территории г. Новополоцка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://geo.by>
2. International Terrestrial Reference Frame [Electronic resource] - Mode of access: https://itrf.ign.fr/doc_ITRF/Transfo-ITRF2014_ITRFs.txt
3. Руководство по преобразованию координат : ГКНП 06-008-2011. – введ. РБ 01.04.2011. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 54 с.
4. MyGeodata Cloud [Electronic resource] - Mode of access: <https://mygeodata.cloud/cs2cs/>

УДК 528.16:681.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ PROJ4 ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ

Е. В. БИЗНЯ, А. А. ПАНКОВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. В. ЯЛТЫХОВ)

В работе приводится краткое описание основных терминов, связанных с геодезическими системами отсчета координат, форматы их описания и методы операций с координатами. Рассматривается использование библиотеки PROJ4 для выполнения преобразования геопространственных координат из одной системы отсчета координат в другую. Исходя из этого сделали вывод о том, что библиотеку можно использовать при решениях аналогичных задач.

Ключевые слова: система отсчета координат, трансформирование координат, датум, проекция, эллипсоид.

На сегодняшний день в Республике Беларусь геодезические работы выполняются в референсных системах отсчета координат, таких как СК-95, СК-63 или местных системах координат. Однако современное геодезическое оборудование базируется при использовании методов спутникового позиционирования, которое использует геоцентрические системы отсчета координат WGS84 или ITRS. Поскольку спутниковая навигация в настоящее время широко применима в геодезических работах, это требует производства математической модели преобразования из глобальной системы отсчета координат в локальные и наоборот.

Каждая система отсчета координат состоит из системы координат и параметра или набора параметров, которые определяют начало, масштаб и ориентацию системы координат. [1]. Исходные даты определяют связь системы координат с объектом для описания пространственного положения объекта на Земле (или поверхности близкой к ней) с помощью координат. Системы отсчета координат также могут быть определены путем преобразования из другой системы отсчета координат.

Проективная система отсчета координат – система отсчета координат, которая получена из основной геодезической системы отсчета преобразованием эллипсоидальных координат широты и долготы в прямоугольные координаты с использованием картографической проекции [1]. Картографическая проекция использует математически определенный способ, включающий набор формул и параметров, позволяющий получать отображение поверхности на плоскость. Помимо проекции, система координат включает географическую систему координат, единицы измерения и набор значений параметров, которые меняются в зависимости от типа проекции (сдвиг начала координат на север/восток, центральный меридиан и др.).

Референсные системы отсчета координат связаны с локальными референц-эллипсоидами (отсчетными эллипсоидами), принятыми в отдельной стране или ряде государств. В таких системах отсчета координат обычно применяют геодезическую (эллипсоидальную) систему координат, в которой положение точки в пространстве описывается координатами: геодезической широтой B , геодезической долготой L и геодезической высотой H . В референсных системах отсчета координат координаты могут быть представлены в двухмерной проективной системе прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера абсциссой x и ординатой y и одномерной высотной системой отсчета координат.

Операции с координатами позволяют изменять координаты при переходе от одной системы координат к другой. Различают два типа операций с координатами:

- преобразование координат из одной системы отсчета координат в другую, основанную на одних и тех же исходных геодезических датах;
- трансформирование координат из одной координатной системы в другую, основанную на различных исходных геодезических датах.

Параметры трансформирования обычно определяется эмпирическим путем.

Существует множество форматов, которые используются для описания референсных систем координат. Наиболее распространенными форматами являются:

- **proj.4**
- **EPSG**
- **формат Well-known Text (WKT)**

формат PROJ.4 strings – используют многие программные продукты для обработки пространственных данных, (например Raster, Rgdal, Qgis). Используя PROJ.4 синтаксис, указывается полный набор параметров, включая эллипс, датум, единицы проекции и определение проекции, которые определяют конкретную референсную систему координат.

Каждый элемент обозначается знаком «+». После каждого «+» задается определяемый элемент. Например `+proj=` и `+datum=`.

Строка `proj4` собирается из отдельных компонентов (разделенные знаком «+»). Например:

- **+ proj = utm:** проекция UTM
- **+ zone = 11:** зона 11.
- **datum = WGS84:** начало отсчета относится к опорной точке 0,0 для системы координат, используемой в проекции

- **+ units = m:** координаты указаны в МЕТРАХ.

- **+ ellps = WGS84:** эллипсоид для данных - WGS84

В результате получаем строку:

```
+proj=utm +zone=11 +datum=WGS84 +units=m +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
```

Также возможно использовать список кодов EPSG для определения референсной системы координат.

Набор данных геодезических параметров EPSG (также реестр EPSG) - это общедоступный реестр геодезических данных, систем пространственной привязки, земных эллипсоидов, преобразований координат и связанных единиц измерения. Каждому объекту назначается код EPSG между 1024-32767 [2]. Набор данных был первоначально создан European Petroleum Survey Group (EPSG) в 1985 году и был обнародован в 1993 году. В 2005 году организация EPSG была объединена с Международной ассоциацией производителей нефти и газа (IOGP) и стала Комитетом по геоматике. Однако название реестра EPSG было сохранено, чтобы избежать путаницы [3]. EPSG коды - 4-5 значные числа, которые представляют собой коды систем координат.

Если известны идентификаторы EPSG для двух систем отсчета координат, между которыми необходимо выполнить преобразование, то строка `proj4` будет иметь вид:

```
+init=epsg:4326 +to +init=epsg:25832
```

WKT (Well-known text) — текстовый формат представления векторной геометрии и описания систем координат.

Формат WKT был первоначально определен Open Geospatial Consortium (OGC) в 1999 году, а затем расширен в 2001 году. Этот формат иногда называют «WKT-1». С развитием модели системы координат и несовместимостью реализация в разном ПО формат подвергся пересмотру. Обновленный стандарт «Well-known text representation of coordinate reference systems», иногда называемый как «WKT 2», был принят OGC в 2015 году. Этот стандарт совместно публикуется Международной организацией по стандартизации как ISO 19162 : 2015.

Формат WKT может описывать не только географические системы координат, но также геоцентрические, вертикальные, временные и инженерные.

В примере ниже, WKT описывает двумерную географическую систему координат WGS84:

```
GEODCRS["WGS 84",
```

```
DATUM["World Geodetic System 1984",
```

```
ELLIPSOID["WGS 84", 6378137, 298.257223563, LENGTHUNIT["metre", 1]],
```

```
CS[ellipsoidal, 2],
```

```
AXIS["Latitude (lat)", north, ORDER[1]],
```

```
AXIS["Longitude (lon)", east, ORDER[2]],
```

```
ANGLEUNIT["degree", 0.0174532925199433]]
```

В настоящее время существует большое количество программных пакетов, которые выполняют преобразования координат, некоторые из них являются бесплатными и доступны в Интернете.

PROJ-это универсальное программное обеспечение, предназначенное для преобразования координат из одной системы координат в другую. PROJ использует лицензию MIT. Первоначально оно была выпущено в открытом доступе, но в скором времени была переведена под лицензию MIT.

PROJ может выполнять очень сложные преобразования во многих системах отсчета. Первоначально разработанный как инструмент для картографических проекций, PROJ со временем превратился в универсальный механизм преобразования координат, который позволяет выполнять как преобразования для картографических проекций, так и преобразование координат на геодезическом уровне высокой точности.

На данный момент библиотека PROJ4 является бесплатной для любых пользователей, которые получили копию этого программного обеспечения и связанную с ней файловую документацию. Также пользователи имеют право на пользование библиотекой без ограничений прав на использование, копирование, изменение, объединение, распространение информации.

Библиотека поддерживает множество разных типов проекций включенных в реестр идентификаторов картографических проекций EPSG. Но если предустановленных проекций недостаточно, то возможно определение и пользовательских проекций и систем координат.

PROJ предоставляет интерфейс прикладного программирования, или коротко API. API позволяет разработчикам использовать функциональные возможности PROJ в своем собственном программном обеспечении без необходимости самостоятельно реализовывать аналогичные функции.

Также PROJ включает приложения командной строки для преобразования координат из текстовых файлов или непосредственно из пользовательского ввода. Координатные операции в PROJ разделены на три группы: проекции, преобразования и трансформации.

Проекция - это чисто картографические отображения эллипсоида (сферы) на плоскость. Преобразования - это операции с координатами, которые не вызывают изменения в системе отсчета. Операции, которые действительно вызывают изменение в системе отсчета, называются преобразованиями.

PROJ поддерживает файлы CTable2, NTv1 и NTv2 для коррекции двухмерных эллипсоидальных систем отсчета, реализованные плановыми геодезическими сетями.

Вертикальный сдвиг осуществляется путем смещения вертикальных входных координат на определенную величину, определяемую загруженными моделями геоида, например, глобальную модель геоида EGM2008.

Библиотека PROJ.4 также реализована в виде онлайн-калькулятора, представленном на сайте [4].

Возьмем в качестве примера известный пересчет координат из [5] и пересчитаем в онлайн-калькуляторе из геодезической эллипсоидальной системы координат в пространственные прямоугольные в проекции Гаусса-Крюгера:

Исходные данные:

Таблица 1

B	48°40'57"
L	85°58'50"

Для того, чтобы пересчитать в онлайн-калькуляторе требуется ввести в окно входную систему координат. В нашем случае получается:

+proj=longlat +ellps=krass +no_defs

где +proj=longlat – ввод (вывод) широты/долготы

+ellps=krass - система координат относится к эллипсоиду Крассовского

Выходная система будет иметь вид:

+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=87 +k=1 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs +axis=neu

где +proj=tmerc - проекция Transverse Mercator (поперечно-цилиндрическая Меркатора). Проекция Гаусса — Крюгера — поперечная цилиндрическая равноугольная картографическая проекция, которая является частным случаем поперечно-цилиндрической Меркатора.

Далее определяем параметры проекции:

+lat_0=0 +lon_0=87 +k=1 +x_0=0 +y_0=0

+lat_0 +lon_0=87 – начало координат и долгота осевого меридиана. Для выбранного примера +lat_0=0, а +lon_0=87 (87 – это долгота осевого меридиана для 15 зоны).

+k=1 - масштаб на осевом меридиане (для проекции Гаусса- Крюгера равен 1)

Параметр +axis=neu определяет порядок вывода плоских прямоугольных координат.

Результаты вычислений приведены на рис.1.

Сравнив полученный результат со значениями из [5] ($x=5394927.996$; $y=-75062.810$), можно видеть, что полученные значения координат совпали до миллиметров.

Выполним преобразования тех же значений геодезических координат в пространственные с использованием библиотеки PROJ. Вместе с PROJ поставляется набор небольших утилит командной строки. Программа **proj** ограничена преобразованием географических координат и координат проекции в пределах одной системы координат. Программа **cs2cs** работает аналогично, но допускает перевод между любой парой определяемых систем координат, включая поддержку преобразования датума.

Программа **cs2cs** требует определения двух систем координат. Первая определяется на основе всех параметров системы координат и проекции, аналогично, как и в онлайн-калькуляторе. Все параметры проекции, появляющиеся после аргумента + to, считаются определением второй системы координат. Также возможно указать формат выходных значений (%.3f – количество значащих цифр дробной части) и текстовый файл с исходными данными.

<p>Input coordinate system / projection</p> <p>Selected input coordinate system: Unknown datum based upon the Krassowsky 1940 ellipsoid (EPSG:4024)</p> <p>Applied Proj.4 text:</p> <input type="text" value="+proj=longlat +ellps=krass +no_defs"/> <p>Choose input coordinate system...</p>	<p>Output coordinate system / projection</p> <p>Selected output coordinate system: Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 15 (EPSG:28415)</p> <p>Applied Proj.4 text:</p> <input type="text" value="+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=87 +k=1 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs +axis=neu"/> <p>Choose output coordinate system...</p>
<p>Input coordinate pairs</p> <input 48d40'57.389"n"="" e="" type="text" value="85d58'50.261"/>	<p>Output coordinate pairs</p> <input type="text" value="5394927.9962;-75062.8102598"/>

Рисунок 1. – Преобразование координат в онлайн-конвертере

Результаты вычислений приведены на рис.2.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
d:\010101\Proj44>cs2cs -f "%.3f" +proj=longlat +ellps=krass +no_defs +to +proj=geocent +ellps=krass +units=m +no_defs
-E -r aaaa.blh
48d40'57.389"N 85d58'50.261"E 245.734 295742.461 4208863.894 4767597.353

```

Рисунок 2. – Преобразование координат с использованием программы cs2cs

Сравнив полученный результат со значениями из [5] ($X=295742.459$; $Y=4208863.890$; $Z=4767597.349$), можно видеть, что полученные значения координат совпали с точностью 3-4 мм.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что реализация библиотеки PROJ4 в виде он-лайн-калькулятора и утилиты командной строки **cs2cs** выполняют вычисления верно и ее можно использовать в решении аналогичных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по преобразованию координат: ГКНП 06-008-2011. – введ. РБ 01.04.2011. – Минск: Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2011. – 54 с.
2. Internet archive WaybackMachine [Electronic resource] - Mode of access: https://proceedings.esri.com/library/userconf/petro113/papers/petro1_10.pdf
3. Featured events [Electronic resource] - Mode of access: <https://web.archive.org/web/20191231034436/http://www.epsg.org/Portals/0/373-07-1.pdf>
4. MyGeodata Cloud [Electronic resource] - Mode of access: <https://mygeodata.cloud/cs2cs/>
5. Телеганов, Г.Н. Метод и системы координат в геодезии: учеб.-пособие/ Г.Н. Телеганов, Г.Н. Тетерин. – Новосибирск : СГГА. – 2008. – 139 с.

УДК 528.7

**КЛАССИФИКАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АЭРОСЪЕМКИ****Д. В. ВОРОНОВА, Д. Д. АВЛАСЕВИЧ**
(Представлено: М. В. ВОЛОШИНА)

В статье приводятся направления гражданского использования беспилотных летательных аппаратов, их классификация, достоинства и недостатки, современные аспекты и перспективы использования в топографо-геодезической картографической отраслях.

Широкое применение аэрофотосъемки для геодезии и картографии началось во времена Первой мировой войны. Летчики фотографировали местность, и на основе снимков создавались карты.

Первопроходцем коммерческой аэрофотосъемки можно считать Шермана Фэйрчайльда. Он организовал первую компанию по производству самолетов для полетов в условиях высокогорья. Один из его самолетов оснастили двумя камерами. Каждый кадр с этих камер позволял делать снимок, охватывающий территорию в 600 кв. км [1].

Беспилотная аэросъемка тесно связана с аэросъемкой в целом, так как первые летательные аппараты, оснащенные камерами были беспилотными. Однако воздушный шар нельзя отнести к полноценному беспилотному летательному аппарату (БПЛА). Их история началась позднее. Первая попытка запустить тяжелый беспилотный аппарат была произведена в 1933 году. Три биплана, оснащенных системой радиоуправления были запущены из аэродрома Великобритании. Два из них потерпели крушения, а третьему удалось совершить удачный полет, что и стало началом эпохи БПЛА [1].

Беспилотная аэрофотосъемка не пользовалась большим успехом в картографии. Первые БПЛА не могли летать на длинные дистанции и подниматься на необходимую высоту, поэтому чаще использовалась традиционная авиация [1].

Аэросъемкой называют процесс получения изображений местности с летательных аппаратов. Если её ведут фотоаппаратами, то её называют аэрофотосъемкой, если с помощью специальных телевизионных или электронных сканирующих устройств, то – электронной аэросъемкой, если с помощью тепловизоров в инфракрасной части спектра, то – тепловой или инфракрасной съемкой, а если радиолокаторами, при которых получают изображение в отражённых от поверхностных слоёв электромагнитных радиоволн – радиолокационной съемкой [2].

На данный момент беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются для решения различных задач, которые раньше решались с применением пилотируемых летательных аппаратов. Одни из первых БПЛА были достаточно дорогие в эксплуатации, но с интенсивным скачком в развитии технологий стоимость эксплуатации БПЛА в подавляющем количестве случаев стала меньше, а их малая по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами себестоимость и отсутствие пилота на борту позволяют им нести большую полезную нагрузку и отправляться на задания, которые имеют риск потери летательного аппарата. Изначально БПЛА пилотировались оператором с земли удалённо, но данная схема имеет свои недостатки, например, невозможность управления в связи с большим удалением, особенностями местности, недоступностью радиочастот, помехами и т.д. Прогресс не стоит на месте и на рынке стали появляться беспилотные системы, оснащенные автопилотом и бортовым компьютером, позволяющие решать сложные задачи в автономном режиме, которые не всегда может корректно выполнить оператор или присутствие оператора не нужно вовсе, например отслеживание пожаров, утечек, проникновений на объект и т.д., поскольку есть возможность связываться с другими электронными системами и в режиме реального времени взаимодействовать с аварийными командами [2].

Кроме того, пространственные характеристики по данным, полученным с БПЛА, применяются для мониторинга состояния природных и техногенных систем. Так, например, при сравнении такой информации по аэрофотоснимкам разных годов съемки прослеживается динамика изменения береговой линии крупных рек или влияние антропогенной деятельности на естественные ландшафты. Благодаря отображению на аэрофотоснимках характера почвы (различные оттенки), растительного покрова и т. д., аэрофотосъемка весьма эффективна при лесоустройстве хвойно-лиственных насаждений, учете древостоев, пораженных насекомыми-вредителями, создании почвенных карт культурных земель, обследовании посевов, создании карт севооборота [2].

Различают следующие типы БПЛА, отличающихся конструкцией и принципом работы, взлета/посадки и назначения:

- БПЛА самолетного типа,
- мультироторные БПЛА,
- БПЛА аэростатического типа,
- беспилотные конвертопланы и гибридные модели.

Существует большое разнообразие подтипов БПЛА самолетного типа, различающихся по форме крыла и фюзеляжа. Практически все схемы компоновки самолета и типы фюзеляжей, которые встречаются в пилотируемой авиации, применимы и в беспилотной [3].

Существуют следующие способы управления беспилотными летательными аппаратами:

- дистанционно-пилотируемый - управление полетом осуществляется в двух режимах: ручное управление (осуществляется за счет управления оператором беспилотного летательного аппарата в режиме реального времени), автоматизированное управление (осуществляется автономно, с возможностью его корректировки. Предварительно вводят координаты точек маршрута, определяя текущее положение летательного аппарата посредством навигации);
- автоматический способ - управление совершается автопилотом по заранее заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации [3].

Наиболее распространённым на сегодняшнее время является дистанционно - пилотируемый способ, позволяющий в режиме реального времени проводить исследования необходимой местности и объектов. Оператор с земли управляет беспилотным летательным аппаратом или вносит изменения в заданном маршруте. Однако с точки зрения помехозащищенности от электромагнитного воздействия он является наиболее уязвимым.

Ручное управление может быть одним из режимов для БПЛА, а может быть единственным способом управления. БПЛА, лишённые каких-либо средств автоматического управления полётом — радиоуправляемые авиамодели — не могут рассматриваться в качестве платформы для выполнения серьезных целевых задач.

Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофото-съемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией. В то же время, поскольку за полет отвечает лицо, осуществляющее запуск, то возможность влиять на полет с наземной станции может помочь избежать внештатных ситуаций [3].

Существует два типа беспилотных летательных аппаратов в зависимости от классификации по типу конструкции: вращающегося и фиксированного крыла. Беспилотные летательные аппараты фиксированного крыла – это беспилотные самолеты, использующие прямой толчок по фиксированному крылу, чтобы получить подъемную силу. Они нуждаются в относительно высокой пусковой скорости, чтобы получить эту подъемную силу, поэтому не подходят для работы в ограниченной или опасной окружающей среде.

Беспилотные летательные аппараты вращающегося крыла также разделены еще на 2 типа: одновинтовой и многовинтовой (мультикоптер). Одновинтовые схемы используются для построения вертолетов. Они обычно используют приводной несущий винт, обеспечивающий подъемную силу, которая уравновешивается хвостовым рулевым винтом. Многовинтовые вертолеты имеют больше 2-х несущих винтов для управления всеми формами движения [3].

Беспилотные летательные аппараты принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полёта. Выделяют следующие классы аппаратов:

- «микро» (условное название) — массой до 10 килограммов, временем полёта около 1 часа и высотой до 1 километра;
- «мини» — массой до 50 килограммов, временем полёта несколько часов и высотой до 3–5 километров;
- средние («миди») — до 1 000 килограммов, временем 10—12 часов и высотой до 9—10 километров;
- тяжёлые — с высотами полёта до 20 километров и временем полёта 24 часа и более [4].

Разумеется, все четыре вида БПЛА в геодезии не применяются. Для аэрофото-съемки на местности идеально подходят малые и микромодели [5].

По типу полета беспилотные аппараты делят на аппараты аэродинамического типа и аппараты аэростатического типа. Аппараты аэростатического типа, в свою очередь, подразделяют по типу крыла на аппараты с жестким крылом (БПЛА самолетного типа); с гибким крылом; с вращающимся крылом (БПЛА вертолетного типа); с машущим крылом.

БПЛА самолетного типа (с жестким крылом). Способ полета, заключается в том, что подъемная сила формируется аэродинамическим методом в результате воздействия потока воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Данный тип аппаратов отличается максимальной высотой дальностью полета, в сравнении с другими типами.

Беспилотные летательные аппараты обладают рядом преимуществ:

Во-первых, для выполнения одних и тех же задач, легкие беспилотные аппараты обходятся на много дешевле пилотируемых самолетов, которые нужно оснащать системами жизнеобеспечения, защиты, кондиционирования и т. д. Нужно готовить пилотов, а это стоит больших денег. В итоге получается, что отсутствие экипажа на борту существенно снижает затраты на выполнение того или иного задания, а также повышается полезная нагрузка ЛА.

Во-вторых, легкие (по сравнению с пилотируемыми самолетами) беспилотные летательные аппараты потребляют меньше топлива.

В-третьих, в отличие от пилотируемых самолетов, машинам без пилота не нужны аэродромы с бетонным покрытием. Большинство аэродромов нуждаются в реконструкции, а темпы ремонта сегодня не успевают следить за пригодностью взлетно-посадочных полос.

Недостатки применения БПЛА [4]:

1. Зависимость от погодных условий

Очевидным недостатком дронов является их зависимость от метеорологических условий. В ветреную погоду управление аппаратом весьма затруднено, вследствие чего качество собранных данных или сделанных изображений будет низким и непременно потребует последующей обработки и анализа.

2. Зависимость от скорости Интернета

Нужно всегда учитывать тот факт, что на базовом уровне большинство дронов использует для позиционирования и других функций интерактивные сервисы, например, Google Maps. Таким образом, использование дронов в Западной Европе или Северной Америке с высокой интенсивностью покрытия позволит осуществлять эффективную работу, а вот если использовать беспилотник для решения подобных задач в российской глубинке, результат будет оставлять желать лучшего.

3. Птицы

Специалисты из дальнего зарубежья считают птиц основной помехой эффективного применения дронов.

4. Опасность травм и солнечных ожогов

Не следует забывать, что оператору, управляющему дроном, приходится часами находиться на солнце с поднятой в небо головой. Такая статичная позиция может привести к нежелательным последствиям во время сбора данных, которые требуют определенных затрат времени.

5. Дорогое программное обеспечение и аппаратная часть

Как уже отмечалось, дроны являются более экономически выгодным решением для мониторинга полей в сравнении со спутниковыми снимками, однако не следует забывать о дорогостоящем программном обеспечении и датчиках для решения дополнительных задач. Не дайте поймать себя на удочку производителям, которые продают недорогой беспилотник, а потом предложат расширить функционал за счет периодически обновляемого программного обеспечения, которое вдобавок требует лицензии. Аналогично можно сказать о стоимости датчиков для решения специальных задач и приспособлений для внесения пестицидов.

6. Длительность сбора необходимой информации

Зарубежные специалисты сходятся во мнении, что перспективы развития применения беспилотников в сельскохозяйственном производстве сильно сдерживаются длительностью сбора информации. Столь большие интервалы времени могут срывать рекомендуемые агротехнические сроки выполнения основных технологических операций в растениеводстве [5].

Работа геодезиста подразумевает выполнение множества задач таких как: измерение расстояний на местности, выполнение пространственных расчетов, синтез топографических карт.

Применение БПЛА для геодезической съёмки помогает за более короткие сроки получить топографическую карту местности любого масштаба от 1:500 до 1:2000 и более мелкого. Использование дронов для геодезической съёмки. На основании полученных с беспилотника снимков создаются детальные 3D модели местности, матрицы высот и ортофотопланы.

Большинство полевых геодезических изысканий сегодня выполняется силами бригад инженеров-геодезистов. На небольших территориях они обеспечивают высокую точность измерений и низкую себестоимость карт и планов. На обширных территориях со сложным рельефом работа «ногами» становится нерентабельной в силу значительных трудовых, временных и финансовых затрат [6].

Если же для геодезической съёмки местности использовать такое современное средство как беспилотный летательный аппарат (квадрокоптер), то работу можно выполнить гораздо быстрее, дешевле и удобнее. Данное утверждение так же справедливо относительно применения беспилотников для десятков других, самых разных задач, требующих для своего решения высококачественной визуальной информации именно с воздуха. [2, 4].

Благодаря относительной ценовой доступности и быстрой окупаемости сегодня, практически повсеместно, используются беспилотники для геодезической съёмки обширных и труднодоступных участков земной поверхности с целью создания карт и планов различного назначения.

Использование БПЛА является довольно актуальным направлением развития для проведения мониторинга промышленных объектов, аэрофотосъемки, мониторинга чрезвычайных ситуаций. Все данные получаются автономно даже из труднодоступных мест без угрозы жизни человеку, при этом стоимость использования БПЛА гораздо ниже, чем при использовании пилотируемых аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. История аэрофотосъемки» [электронный ресурс] — режим доступа: <https://www.flycam24.ru/obshhaya-informatsiya-ob-aerosemke/istoriya-aerofotosemki/>
2. АО «Балтийское аэрогеодезическое предприятие» [электронный ресурс] — режим доступа: <http://baltagr.ru/aerophoto/>
3. Классификация БПЛА по летным характеристикам [электронный ресурс] — режим доступа: <http://docs.geoscan.aero>
4. Преимущества и недостатки применения дронов в сельскохозяйственном производстве [электронный ресурс] — режим доступа: <https://glavrah.ru/articles/preimushchestva-i-nedostatki-primeneniya-dronov-v-selskohozyaystvennom-proizvodstve>
5. Беспилотный летательный аппарат БПЛА (дрон) [электронный ресурс] — режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php>
6. Применение БПЛА (квадрокоптеров) в геодезии [электронный ресурс] — режим доступа: : <http://gis2000.ru>

УДК 528.7

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ****Д. В. ВОРОНОВА, Д. Д. АВЛАСЕВИЧ**
(Представлено: М. В. ВОЛОШИНА)

В последние годы появилось достаточно много программных продуктов по обработке данных с беспилотных летательных аппаратов. В статье рассмотрены наиболее распространенные, известные пакеты, описан их функционал, особенности.

Мирное направление использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) чаще всего связано с дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ). Основная цель использования БПЛА — получение изображений необходимой территории с заданными характеристиками.

Технология фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемки с БПЛА эффективно решает задачу оперативного создания и обновления картографической основы для ведения кадастра объектов недвижимости, землеустройства, контроля и мониторинга земель [1].

Обработка данных в прямом и обратном направлениях обеспечивает два решения со значениями координат, скоростей и элементов ориентирования. Сравнение этих решений предоставляет простой и эффективный инструмент контроля качества для визуальной оценки точности финального комбинированного решения [2].

На сегодняшний день для обработки данных наиболее распространены следующие программные комплексы.

RealityCapture — это программное обеспечение, которое обрабатывает данные гораздо быстрее и управляет огромным количеством изображений. Главное преимущество RealityCapture заключается в том, что оно может выстраивать изображения за несколько секунд даже на ноутбуке, если в нем есть графический процессор NVidia. Результат можно посмотреть на месте съемки и убедиться, что изображений достаточно [3]

Программа Agisoft PhotoScan - универсальный инструмент для генерации трехмерных моделей поверхностей объектов съемки по фотоизображениям этих объектов. PhotoScan с успехом применяется как для построения моделей предметов и объектов разных масштабов – от миниатюрных археологических артефактов до крупных зданий и сооружений, так и для построения моделей местности по данным аэрофотосъемки и генерации матриц высот и ортофотопланов, построенных на основе этих моделей. Обработка данных в PhotoScan предельно автоматизирована – на оператора возложены лишь функции контроля и управления режимами работы программы [4].

Построение и привязка модели местности в программе состоит из трех основных этапов:

построение грубой модели. На этом этапе производится автоматическое определение общих точек на перекрывающихся снимках, восстановление проектирующих лучей, определение координат центров фотографирования и элементов взаимного ориентирования снимков, расчет параметров, описывающих оптическую систему (дисторсия, коэффициент асимметрии, положение центральной точки). Все эти расчеты выполняются в программе за одну операцию;

привязка полученной модели к внешней (геодезической, географической) системе координат и уравнивание всех параметров системы – координат центров фотографирования и наземных опорных точек, углов ориентирования снимков, параметров оптической системы с использованием параметрического метода уравнивания. В качестве весовых коэффициентов для уравнивания выступают погрешности определения координат точек съемки (центров фотографирования), определения координат точек наземной опорной сети, дешифрирования и маркирования опорных точек на снимках;

построение полигональной модели поверхности местности на основе определенных на предыдущем этапе параметров. В программе реализован экспресс-способ, заключающийся в триангуляции только общих точек, полученных на первом этапе, и более точные способы обработки, заключающиеся в определении пространственного положения для каждого пиксела изображения (в зависимости от заданной степени детализации обрабатывается каждый первый, каждый четвертый, каждый шестнадцатый, и т. д. – всего пять возможных уровней).

Затем полученная модель используется для генерации ортофотопланов и матриц высот [4].

UASMaster - программное обеспечение для обработки данных, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), и объединяющее в себе простоту в использовании и мощные возможности цифровой фотограмметрической станции. Современные алгоритмы компьютерной обработки данных

вместе с продвинутыми фотограмметрическими методами позволяют автоматически получать точные результаты с минимальным участием оператора. UASMaster может быть использован как в режиме «черного ящика» (специалистами, не имеющими знаний в области фотограмметрии), так и с использованием различных инструментов редактирования для получения наилучшего результата [5].

Программа UASMaster позволяет производить обработку данных практически с любых современных БПЛА: как с летательных аппаратов с неподвижным крылом, так и с БПЛА вертолетного типа или аэростатов. Кроме того, UASMaster позволяет проводить обработку данных, полученных наземными обычными камерами или даже смартфонами [5].

TrimbleINPHO — это программное обеспечение предназначено для точного преобразования аэрофотоснимков в последовательные и точные модели облаков точек и поверхностей, аэрофотопланы и оцифрованные трехмерные объекты с использованием современных методов фотограмметрии и дистанционного зондирования [6].

ENVI OneButton — компании «Совзонд» и Exelis VIS объявляют о выходе нового программного обеспечения для обработки данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – ENVI OneButton.

ENVI OneButton позволяет с минимальным участием оператора решать такие задачи цифровой фотограмметрии, как фототриангуляция, создание и редактирование цифровых моделей рельефа и местности, ортотрансформирование, создание бесшовных мозаик местности и работа с 3D облаком точек.

Использование в ENVI OneButton передовых алгоритмов обработки в комбинации с высокой производительностью позволяет получать быстрые и точные геопривязанные 2D и 3D-продукты, которые в дальнейшем могут быть легко интегрированы в различные геоинформационные и аналитические системы, такие, как ArcGIS и ENVI [7].

В настоящий момент на рынке представлено достаточно много программных продуктов для обработки данных с беспилотных летательных аппаратов. Каждый продукт позволяет обрабатывать информацию с любых БПЛА и получать наилучший результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. АО «Балтийское аэрогеодезическое предприятие» [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://baltagp.ru/aerophoto/>
2. Обработка аэрофотосъемочных данных [электронный ресурс] — Режим доступа: <https://gnssplus.ru/solutions/obrabotka-aerofotosemochnykh-dannykh.html>
3. Обзор программ для обработки данных аэрофотосъемки [электронный ресурс] — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programm-dlya-obrabotki-dannyh-aerofotosemki>
4. Создание топокарт и планов по данным БПЛА на базе PhotoScan [электронный ресурс] — Режим доступа: <https://gisinfo.ru/techno/photoscan.htm>
5. UASMaster [электронный ресурс] — Режим доступа: https://sovzond.ru/products/software/uav_data_processing/uasmaster/
6. Trimble Inpho [электронный ресурс] — режим доступа: <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/inpho>
7. ENVI OneButton — новое решение для обработки данных с БПЛА [электронный ресурс] — Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/news/market/2946/>

УДК 551.590.3

**ВЛИЯНИЕ ВУЛКАНОВ НА ПЛАНЕТУ ЗЕМЛЯ:
ПОЛЬЗА И ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЛЮДЕЙ**

А. И. ДАВИДОВСКАЯ, К. В. ИГНАТЕНКО
(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)

В данной статье, мы проведем анализ вулканической деятельности на планете Земля. Попробуем осуществить попытку классификации последствий от вулканических извержений как для нашей планеты, так и для человечества. Поднимем вопрос влияния вулканов на формирование нашей планеты, формирования земной коры, зарождения жизни на Земле, развития цивилизации вместе с развитием человека.

Во все времена вулканы приносили беды людям и становились виновниками многих трагедий. Однако, пользы для человечества они приносили гораздо больше и приносят до сих пор.

В подземных лабиринтах идут невероятные процессы в результате которых рождаются сотни полезных веществ. Извергаясь вулканы ещё и ещё «выплывают» жизненно- важные вещества. Таким образом участвуя в формировании земной коры, гидросферы и атмосферы, они в буквальном смысле слова являются источником жизни для нашей планеты. Извергая водяной пар и газы, вулканы обеспечивают необходимый для всего живого баланс в биосфере Земли. Вулканы делают землю плодородной, а их гейзеры являются источниками геотермальной энергии. На данный момент существует несколько сотен активных вулканов. Во время крупных эксплозивных извержений в стратосферу попадает громадный объём вулканических газов, аэрозольных частиц и пепла. Выброшенный пепел выпадает достаточно быстро - стратосфера очищается от большей его части за несколько недель или даже дней - и потому на изменения климата он оказывает незначительное влияние. Извержение вулкана вызывает, очень полезное по своим свойствам охлаждение атмосферы, особенно при проблеме глобального потепления.

Но не только пользу приносят извержения, иногда последствия бывают необратимыми. За всё время существования Земли было зафиксировано около десятка крупных извержений вулканов, имеющих серьёзные последствия как для планеты, так и для биосферы. Массовые извержения базальта или так называемые «трапшы», происходившие в течение очень короткого времени на огромных территориях, по всей длине тектонического разлома, приводили к серьёзным, практически необратимым процессам, уничтожившим, зачастую, животный мир целых континентов. Как правило, подобные события происходили из-за достаточно серьёзных причин. К ним можно отнести раскол континентов или смену магнитных полюсов, если она сопряжена со значительными перемещениями в ядре Земли.

Вред	Польза
<p>В первую очередь вулканы опасны для людей своими извержениями. Вулканическая лава своим потоком за считанные минуты уничтожает все на своем пути. Во время извержения в атмосферу выбрасывается огромное количество вулканического пепла, углекислых газов и камней. Из-за извержений прекращаются авиасообщения. Иногда, извержение вулкана сопровождается землетрясениями.</p> <p>Одним из самых первых, крупных, задокументированных извержений в истории было извержение вулкана «Везувий» в 79 г. В тот год «Везувий» полностью уничтожил Помпеи, Геркуланум и Стабии, сжигая всю растительность на пути и убил около 16000 человек.</p> <p>Главной опасностью для людей и животных является вулканический пепел. Из-за того, что вулканический пепел намного мельче обычного пепла, и за счет этого он может долго существовать в воздухе в виде взвеси. Он очень легко попадает в дыхательные пути и тем самым затрудняет дыхание. Также огромные слои пепла оседают на крышах зданий, что впоследствии может спровоцировать их обрушение.</p> <p>Не менее страшным последствием извержения вулкана, является вулканическая зима. Она происходит в процессе загрязнения атмосферы вулканическим пеплом в огромных размерах, создается парниковый эффект и</p>	<p>Польза вулканов в драгоценных камнях, полезных ископаемых и строительных материалах, которые извержения делают доступными. Например, камни, такие как пемза и перлит (вулканическое стекло), добываются для различного коммерческого использования. Они включают в себя вещества, действующие как абразивы в мыле и хозяйственных чистящих средствах. Вулканический пепел и пемзу также используют в качестве легкого заполнителя при производстве цемента.</p> <p>Мельчайшие фракции этих вулканических камней используют в полировке металлов и в обработке древесины.</p> <p>Перлит также используют в качестве наполнителя в штукатурке, так как он быстро расширяется, когда нагревается. Раздробленный базальт и диабаз используют в качестве щебня, железнодорожной насыпи или защитных укреплений для береговой линии. Высокоплотный базальт и диабаз используют в бетонных экранах ядерных реакторов.</p> <p>Затвердевший вулканический пепел (называемый туф) создает особенно крепкий и легкий строительный материал. Древние римляне смешивали туф с известью для создания крепкого и легкого бетона для стен и построек. Крыша Пантеона в Риме сделана из этого самого бетона.</p>

солнечные лучи не проходят толстый слой вулканического пепла. В следствии чего и наступает вулканическая зима. Такое происшествие случилось в 1816 году в Западной Европе и Северной Америке. Люди умирали от голода. Из-за понижения температуры пропадали продукты питания, умирали животные. Фермеры начинали массово убивать скот, чтобы хоть как-то выживать. За всю историю 1816 год считают самым холодным.

Ещё одной трагедией из-за извержения вулканов является прекращение авиасообщений. Так, например, в Исландии. Многие вулканы покрыты ледниками и подтапливая их снизу, языки ледников срываются, выпуская миллионы тонн воды и льда, снося все на своем пути.

Одним из самых крупных «Эйяфьядлаёкюдль». (рисунок 1) Вулкан не проявлял сейсмической активности более 200 лет, но когда проснулся в Исландии ввели режим чрезвычайного положения. Извержение было настолько мощным, что прекратили движение по близлежащим автодорогам и закрыли воздушное пространство над значительной территорией северной Европы, полностью отменили полеты в Лондоне, Копенгагене и Осло.

Извержения вулканов негативно сказываются на состоянии экосистем, расположенных вблизи самого вулкана. Также последствия вулканической деятельности распространяются на всю планету в виде кислотных дождей и выбросов.

Самым значимым является уничтожение растительного покрова, ухудшение качества кормовых угодий, изменение условий обитания животных.

Извержения приводят к возникновению эпидемий и эпизоотий, росту заболеваний и нарушению воспроизводства населения, сокращению пищевой базы, неблагоприятным изменениям ландшафтных условий, ухудшению качества атмосферного воздуха[4].

Драгоценные металлы, которые часто находят в вулканах, включают серу, цинк, серебро, медь, золото и уран. Эти металлы имеют широкий диапазон применений в современной экономике, начиная с высококачественной металлообработки, машинного оборудования и электроники для ядерной энергии, исследований и медицины. Драгоценные камни и полезные ископаемые, которые находят в вулканах включают опалы, обсидиан, огненный агат, флюорит, гипс, оникс, гематит и другие.

Химики выдвинули новую теорию происхождения жизни на Земле - по их мнению, ее зарождению вполне могли поспособствовать древние вулканы. Газы, извергаемые вулканами, содержат много сульфида карбоната (химическая формула COS), а этот газ мог оказать "клеем", с помощью которого склеились первые на Земле кирпичики жизни - органические молекулы.

Влияние вулканической деятельности на климат изучается уже более 200 лет. И только в последнюю четверть века, когда в научную практику были внедрены методы дистанционного зондирования атмосферы, а

также освоено керновое бурение полярных ледников, наметились подходы к решению проблемы. Заметнее всего климатические эффекты извержений сказываются на изменениях приземной температуры воздуха и формировании метеорных осадков, что наиболее

полно характеризуют климатообразующие процессы. Вулканический пепел, выброшенный в атмосферу во время взрывных извержений, отражает солнечную радиацию, снижая температуру воздуха на поверхности Земли. Взрывные извержения могут оказывать свое влияние на климат, по меньшей мере, в течение нескольких лет, а некоторые из них – вызвать гораздо более продолжительные его изменения[1].

Извержения вулканов приводят к изгнанию пепла, который распространяется по широким областям как вблизи, так и далеко от вулканической горы. В зависимости от состава магмы из определенной вулканической горы, полученный пепел будет иметь различное количество питательных веществ в почве. Кремнезем и кислород занимают наибольший процент элементов, выделяющихся в случае извержения вулкана; другие элементы включают диоксид углерода, диоксид серы и хлористый водород. Другим фактором, способствующим повышению уровня плодородия в вулканических почвах, являются куски породы, такие как полевошпат, который содержит множество минералов, таких как железо, магний и калий. Это некоторые из наиболее важных минералов, которые содержатся в удобрениях для улучшения качества сельскохозяйственной почвы.[3]

Благодаря вулканическим извержениям, с больших глубин выносятся на поверхность Земли огромные массы горячего вещества, пополняя земную кору, гидросферу и атмосферу.

Роль вулканических извержений в формировании внешних оболочек Земли за счет вещества ее глубоких недр до недавнего времени сильно недооценивалась. В последние годы, однако, многие ученые, как отечественные, так и иностранные, придают все большее значение вулканизму в образовании современных осадков в морях и океанах, разнообразных древних горных пород, целого ряда полезных ископаемых и даже вечерних и утренних зорь. [5]

К тому же вулканы дали огромный толчок к развитию человеку. Помимо того что люди селились возле вулканов из-за более высокой температуры, люди научились готовить благодаря теплу вулкана, в частности термически обрабатывать мясо.

	<p>И даже в нашей родной Беларуси есть от 2 до 6 потухших древних вулкана, все они сосредоточены в в реке Припять. Даже есть шанс, что эти вулканы когда-нибудь возродятся из-за движения литосферных плит. В результате больших давлений при вулканических взрывах образуются кристаллы алмазов. В конце XIX века в Южной Африке близ поселения Кимберли обнаружена вертикальная цилиндрическая структура, наполненная голубоватой глиной, а в этой глине – огромное количество алмазов. Так вулканические трубки взрывов получили название «кимберлитовых», а наполняющая их рыхлая алмазосодержащая порода названа «кимберлитовой глиной».</p> <p>Сейчас в Беларуси известно 33 такие трубки, в восьми из которых обнаружены природные алмазы размером менее миллиметра. Они очень маленькие, не ювелирного качества, следовательно, закладывать шахты пока нерентабельно. В 90-е годы у нас была попытка наладить сотрудничество с одной известной южноафриканской алмазодобывающей компанией, которая готова была проводить геологоразведочные работы. Но не сложилось. Я думаю, рано или поздно Беларусь приступит к освоению кимберлитовых трубок. Это наше богатство, но оно еще ждет своего часа. Необходима более детальная и глубокая геологическая разведка земных недр. Около 55 % территории страны все еще слабо изучено.</p>
--	--



Рисунок 1. – Извержение вулкана Эйяфьядлаёкюдль [2]

ЛИТЕРАТУРА

1. Муравьев Я.Д. Вулканические извержения и климат / Я.Д. Муравьев // Вестн. ДВО РАН. – 2007. – №2. – 12 с
2. Достопримечательности Швеции [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nordictravel.ua/vdohnovlenie/islandija/sightseeing_in_iceland/eujafjallajokull-volcano - Дата доступа: 11.09.2021
3. Почему вулканическая почва плодородна [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.history-hub.com/pochemu-vulkanicheskaya-pochva-plodородna> – Дата доступа: 11.09.2021
4. Нестерова Т.А. Экологические последствия вулканических извержений / Т.А. Нестерова– Томск, 2015. – 52 с.
5. Мархинин Е.К. Извержение вулканов и земная кора / Е.К. Мархинин – Петропавловск-Камчатский. – 10 с.

УДК 551.21

**ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВУЛКАНАХ И ИХ РОЛИ
В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМЛИ И РАЗВИТИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ****А. И. ДАВИДОВСКАЯ, К. В. ИГНАТЕНКО***(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)*

В данной статье представлены общие сведения о вулканах и их деятельности на нашей планете, их роль в формировании Земли и развитии цивилизации. Представлены теории возникновения жизни, где вулканы сыграли одну из важнейших ролей. В этой работе показана важность вулканов в жизни человека и в историческом развитии нашей планеты.

Земля, являющаяся третьей по удаленности планетой Солнечной Системы, прошла сложный эволюционный путь развития продолжительностью свыше 4,5 млрд. лет: возникновения и формирования как самостоятельной планеты, геологического строения, зарождения жизни, цивилизации и т.д. Немаловажную роль в истории развития Земли играли и играют вулканы, извержения которых несут информацию о внутреннем содержании нашей планеты, влияют на ход цивилизации, вызывают многочисленные трагедии и жертвы, но все же неизменно привлекают внимание ученых и многочисленных туристов к себе.

Попытаемся разобраться с вулканической деятельностью на планете Земля, вкладе вулканов в историю ее геологического развития, возникновения жизни и ход цивилизации. Попробуем классифицировать пользу и вред от вулканических извержений для обитателей Земли.

Эмоционально люди, конечно, боятся извержений вулканов. Этому немало способствуют и картины великих художников.

Чего стоит только живописное широкоформатное полотно Карла Брюллова «Последний день Помпеи» (рисунок 1), на котором изображена древнеримская трагедия гибели старинного города Помпеи в результате извержения вулкана Везувий, произошедшего 28 сентября 74 г. н.э. и унесшего более 2000 человеческих жизней. Кто же не запомнит златокудрого ребенка в центре картины, еще живого, возле распростертого тела своей погибшей матери в желтой тунике, и охваченные ужасом лица людей! И подобных трагедий в истории человечества было много. Вулканическая лава сжигает леса на своем пути, выпаривает озера и реки. И тем не менее, исторически люди селились вблизи вулканов, так как вулканы – это более теплый климат, это термальные источники, это плодородная почва, это месторождения полезных ископаемых, особенно редких типа алмазов и золота.



Рисунок 1. – Карл Брюллов «Последний день Помпеи» [1]

Вулканы сыграли большую положительную роль в формировании планеты Земля, особенно земной коры, в развитии человека, зарождении жизни и информировании ученых вплоть до настоящего времени о внутреннем содержании нашей планеты. Есть научные свидетельства, что большинство древних гоминидов (претендентов на предков человека) где-то 2-3 миллиона лет назад селились недалеко от активных вулканов и рифтовых разломов. Со временем они научились пользоваться теплом лавы не только для согревания, но и для приготовления мяса и другой пищи, что повлияло на развитие мозга, а также уменьшение наружного шерстяного покрова. Конечно, гоминиды тоже переживали трагедии от извержений, гибли от «вулканических зим» (похолодание после крупных извержений), но если вышеизложенная гипотеза об использовании прародителями человека вулканической энергии для приготовления пищи верна, то польза от вулканов для истории человечества неизмеримо больше, чем вред.

Но углубимся в историю Земли на 3, 5 млрд. лет назад [2], в период возникновения жизни на нашей планете. Среди 7 научных теорий происхождения жизни на Земле важное место занимает теория «первичного бульона», в формировании которого большую роль играют вулканические выбросы, содержащие сероводород, двуокись серы, азот и другие важные химические элементы, входящие в живые организмы. Вначале предполагалось, что «первичный бульон» образовался на морских подводных вулканах, но сейчас уже есть гипотезы, что жизнь на Земле могла появиться в пресных вулканических озерах, которые подогревались доисторическими геотермальными источниками, насыщаясь их микроэлементами [3, 4]

В любом случае роли вулканов в зарождении жизни на нашей планете отводится большое значение.

Вулканы участвуют в формировании земной коры. Неслучайно, что следы вулканической деятельности можно обнаружить на всей Земле. Древние вулканы найдены в Беларуси. Так белорусский вулканолог Александр Гончаров уверенно заявляет [5], что на территории нашей страны существует от двух до шести вулканов, очень древних, потухших, погребенных под толщей осадочных пород. Все они сосредоточены в Припятском авлакогене. Их следы обнаружили на глубине 500-800 метров геологическим бурением в районе Добруша и Жлобина. Вулканическая деятельность проявилась здесь в позднем Девоне (350-370 млн. лет назад), может возродиться через 100-150 млн. лет.

Настоящий музей вулканов и научно-исследовательскую лабораторию мирового масштаба можно наблюдать на полуострове Камчатка, где расположено свыше 300 древних и молодых вулканов, из которых 29 действующих.

Учитывая важность вулканов в жизни человека и в историческом развитии нашей планеты, их исследования носят междисциплинарный характер, в которых активно участвуют представители всех наук о Земле, а также биологи, математики, геоинформационщики, физики и другие.

Значимую нишу в исследованиях вулканов занимают и геодезисты вместе с фотограмметристами.

Представляется важным изучение вулканической деятельности на планете Земля в контексте с ее внутренним строением, гипотезой тектоники плит, влиянием вулканов на человека и жизнь планеты. Для этого следует объединить усилия ученых не только наук о Земле (геологов, геодезистов, геофизиков, вулканологов, геохимиков и т.д.), но и специалистов фундаментальных областей знаний (математики, физики, геоинформатики, программирования, космологии). Для обобщения результатов уже имеющихся исследований вулканической деятельности на Земле в настоящее время широко используются геоинформационные технологии, что способствует разработке новых моделей механизма вулканических извержений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Першы Рэгіон [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://1reg.by/2021/08/18/etot-den-v-istorii-chto-byilo-18-24-avgusta/> - Дата доступа: 10.09.2021
2. Семь научных теорий о происхождении жизни и пять ненаучных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://naked-science.ru> > sem-nauchnyh-teoriy-o - Дата доступа: 11.09.2021
3. Koonin E.V. The cosmological model of eternal inflation and the transition from chance to biological evolution in the history of life / E.V.Koonin – 2007 – 24 p.
4. Koonin E.V. The Logic of Chance: The Nature and Origin of Biological Evolution / E.V.Koonin — FT Press, 2011. — 516 p.
5. SB.BY Беларусь сегодня [Электронный ресурс] - Режим доступа:<https://www.sb.by/articles/gde-dremlyut-vulkany.html> – Дата доступа: 10.09.2021

УДК 551.21:528.02(282.257.21)

**РОЛЬ ГЕОДЕЗИСТОВ В ИССЛЕДОВАНИИ ВУЛКАНОВ
НА ПРИМЕРЕ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА****А. И. ДАВИДОВСКАЯ, К. В. ИГНАТЕНКО**
(Представлено: П. Ф. ПАРАДНЯ)

В данной статье мы рассмотрим роль геодезических исследований вулканов, их важность, а также методику их выполнения. Сделаем выводы о значимости этих исследований в районах вулканических извержений, дающих точную информацию о деформациях земной поверхности перед началом извержения, во время извержения и после его окончания.

Камчатка — молодая геосинклиальная область активных современных тектонических процессов и современного вулканизма. Восток Камчатки находится в зоне активных контактов Тихоокеанской и Евразийской (Охотский блок) литосферных плит, где происходит их сближение и погружение океанической плиты под островные дуги, переработка океанической земной коры и формирование континентальной. Остальная часть полуострова отражает более древнюю стадию развития земной коры с мощностью около 30 км. Она характеризуется континентальной и переходной (от океанической к континентальной) земной корой.

Строго определить точное количество вулканов, расположенных на Камчатском полуострове, затруднительно. В различных источниках упоминается от нескольких сотен, до более чем тысячи вулканов. Для вулканов Камчатки характерно большое разнообразие форм и размеров, они формировались в различные геологические эпохи и в настоящее время проявляют активность в различной степени. Большинство из них относится к древним вулканам, не проявляющим активности в настоящее время, однако некоторые вулканы являются действующими. Для некоторых вулканов полуострова часто применяют слово «сопка» вместо слова «вулкан». Также некоторые вулканы, в особенности потухшие и невысокие, нередко называют просто горами.

В настоящее время среди вулканов Камчатки насчитывается около 29 действующих. Понятие действующего вулкана достаточно относительное. Действующим принято считать вулкан, извергавшийся в исторический период времени. Часть вулканов последний раз извергались около 1000 или даже 4000 лет назад и эти вулканы по разным классификациям имеют разный статус. Таким образом, активный вулкан не обязательно должен непрерывно находиться в стадии извержения. Большинство активных вулканов в «свободное от работы время» выпускают в атмосферу водяной пар и другие газы, то есть идёт так называемая фумарольная активность. Высота самого большого вулкана Камчатки — Ключевской Сопки, составляет 4750 метров над уровнем моря. Этот вулкан является самым высоким в Азии и одним из наиболее активных на полуострове.

Тихоокеанское вулканическое огненное кольцо — область по периметру Тихого океана, в которой находится большинство действующих вулканов и происходит множество землетрясений. Всего в этой зоне насчитывается 328 действующих наземных вулканов из 540 известных на Земле. На западном побережье Тихого океана вулканическая цепь тянется от полуострова Камчатка через Курильские, Японские, Филиппинские острова, остров Новая Гвинея, Соломоновы острова и Новую Зеландию до Антарктиды. Восточная часть кольца включает вулканы северо-восточной Антарктиды, островов Огненной Земли, Анд, Кордильер и Алеутских островов. В Тихом океане находится несколько зон спрединга (разрастания) океанической литосферы, главная из которых — Восточно-Тихоокеанская зона (включает в себя подводные литосферные плиты Кокос и Наска). По периферии океана происходит субдукция этих плит под обрамляющие континенты. Над каждой зоной субдукции протянулась цепочка вулканов, все вместе они и образуют Тихоокеанское кольцо. Однако это кольцо неполное, оно прерывается там, где нет субдукции — от Новой Зеландии и вдоль антарктического побережья. Кроме того, ни субдукции, ни вулканизма нет на двух отрезках побережья Северной Америки: вдоль полуострова и штата Калифорния (более 2000 км) и к северу от острова Ванкувер (почти 1500 км).

В Тихоокеанском огненном кольце произошли около 90 % всех мировых землетрясений и 80 % самых мощных из них. Следующая по мощности сейсмическая зона (5-6 % землетрясений и 17 % самых мощных землетрясений мира) — это Средиземноморский складчатый пояс, который начинается около Явы и Суматры, идёт через Гималаи, Средиземноморье и заканчивается в Атлантическом океане. Срединно-Атлантический хребет — третья по мощности зона землетрясений.

Перед природными катаклизмами (землетрясениями или извержениями вулканов) происходят аномальные движения аномальной коры. Эти движения либо усиливаются, либо изменяют свой знак на противоположный. По величине они обычно больше медленных движений и называются средними или предвестниковыми движениями.

Для поиска геодезических предвестников землетрясений и извержений вулканов в тектонически активных районах создаются специальные геодинамические полигоны и деформационные площадки, на которых выполняются повторные геодезические измерения в комплексе с геолого-геофизическими и сейсмологическими исследованиями. Статистика геодезических долгосрочных предвестников землетрясений свидетельствует, в основном, о наличии аномальных поднятий земной поверхности перед землетрясением. При этом известных примеров аномальных горизонтальных деформаций земной поверхности перед природными катаклизмами значительно меньше. Это объясняется тем, что величины предвестников невелики (миллиметры и первые сантиметры). Возможность определения таких величин с достаточной точностью стала появляться только с развитием высокоточных светодальномеров. Горизонтальный предвестник извержения Авачинского вулкана 1991 г. (Камчатка) был зафиксирован при работах ПО «Дальаэрогеодезия» на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне, на котором выполнялись повторные линейно-угловые измерения. Сопоставления результатов линейных измерений показало, что за период 1988-1990 гг. линии, направленные вдоль склона Авачинского вулкана, сжались на несколько сантиметров. В январе 1991 г. произошло его извержение.[1]

В настоящее время ГИС-проект включает набор тем, в т.ч. топографическую основу с батиметрией; данные о расположении и характеристиках пунктов по различным видам наблюдений с возможностью просмотра текущих графиков гидрогеодинамических и электротеллурических наблюдений, созданных средствами ИС POLYGON; региональный каталог землетрясений с возможностью его обновления по локальной сети и выборки землетрясений; ряд тематических карт, которые привязаны к единой системе координат. ГИС-проект также включает базу данных об отображаемых объектах.

На рисунках 1, 2 изображены вулканы Тихоокеанского огненного кольца. На примере исследований вулканов Камчатского полуострова мы можем сделать некоторые выводы о работе геодезистов.

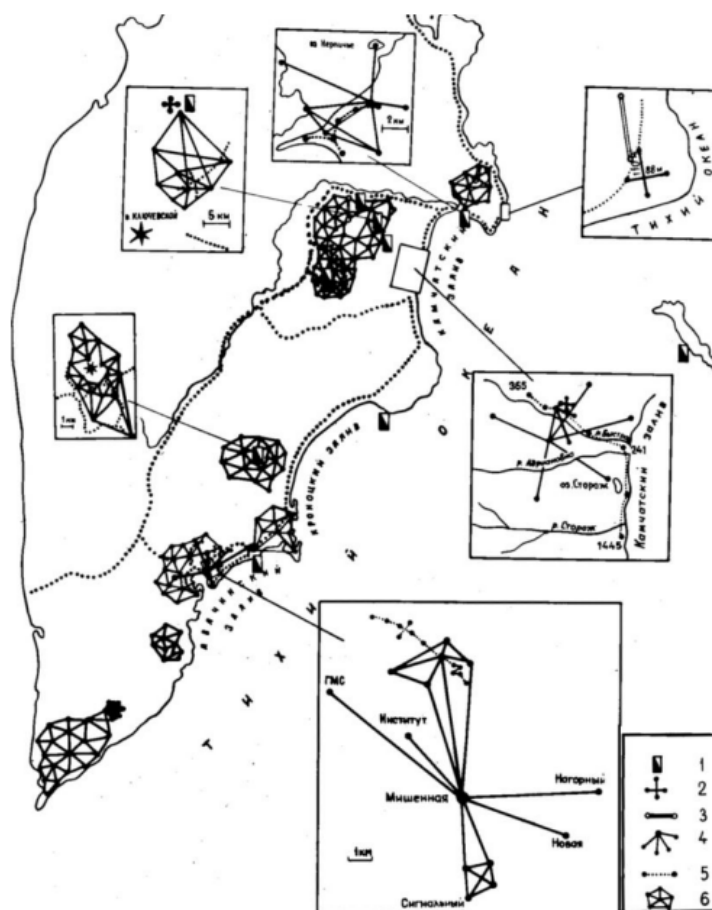


Рисунок 1. – Схема геодезических построений по изучению СДЗК на полуострове Камчатка, развитых в соответствии с программой [Федотов, Энман, 1973].

Геодинамические полигоны:

Ключевской, Толбачинский, Карымский, Петропавловск-Камчатский, Гореловский [2]



Рисунок 2. – Спутниковый снимок полуострова Камчатка. Вулканы Ключевской, Толбачинский, Карымский, Петропавловск-Камчатский, Гореловский [3]

Вулкан Карымский – один из активнейших вулканов Курило-Камчатского вулканического пояса. Он находится постоянно в стадии эксплозивной и эксплозивно-эффузивной активности (уже более 150 лет) и способен выбрасывать пепловые облака на высоту более 10–12 км. Его правильный конус высотой 1516 м над уровнем моря являет собой классическую форму стратовулкана, расположенного в центральной части кальдеры. Относительная высота конуса 600 м. Этот стратовулкан андезидацитового состава изливает на поверхность не свойственные этому составу относительно подвижные глыбовые лавовые потоки. [4]

Одно из исследований выполненных в пределах Карымского вулканического центра по изучению деформаций земной поверхности геодезическими методами в период 1972-1989гг. позволяют сформулировать следующие выводы и обобщения:

1. Суммарные деформации на площади Карымского вулканического центра за весь период геодезических исследований являются растягивающими и происходят на фоне общего понижения подножия Карымского вулкана относительно северо-восточного берега оз. Карымского.

2. Разности измерений 1977—1975, 1981—1977, 1988—1983 гг. показали растяжения поверхности Земли, и в эти периоды произошли здесь рои близповерхностных землетрясений I типа. Эти факты свидетельствуют, что рои землетрясений I типа на Карымском вулканическом центре сопровождаются деформациями растяжения.

3. Область максимальных деформаций занимает обширную площадь в центре вулканической структуры, геометрический центр ее расположен в южной части кальдеры, вулкана им. Академии наук. Эпицентры роев землетрясений I типа находятся в пределах этой территории максимально подверженной деформациям.

4. Особенностью горизонтальных деформаций на Карымском вулканическом центре является почти непрерывное растяжение земной поверхности в период 1975—1989 т. и без компенсации на приле-

гающих участках, которое можно представить в виде процесса, сходного с надуванием резинового шара. Частично это можно было бы проверить по данным нескольких циклов нивелирования по протяженным линиям, которые, как нам представляется, зафиксируют воздымание области горизонтальных деформаций растяжения относительно других стабильных участков. В связи с этим можно предполагать, что под вулканами Карымский и им. Академии наук в нижней части земной коры существует большой общий магматический очаг, реагирующий на изменение сеймотектонической обстановки в ближайшей сейсмофокальной зоне.

5. Очередной цикл активности вулкана Карымский проходил в условиях растяжения обширной площади. Процесс расширения наиболее значительно проявлялся в начальный период активности вулкана. [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Шароглазова Г. А. Применение геодезических методов в геодинамике / Г.А. Шароглазова - Учебное пособие. – Новополоцк, 2002. – 193 с.
2. Шароглазова Г.А. Проявление глобальной тектоники на различных тектонических структурах / Г.А Шароглазова, В.Н. Коровкин. – Новополоцк, 2021. – 21 с.
3. Вулканы Камчатки [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://tokamchatka.ru/kamchatka_vol.shtm - Дата доступа 10.09.2021.
4. Volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands. Special issue of "RFBR Journal"/A. Khrenov [и др.] - N 2, 2015. – 105 с.
5. Магуськин М.А. Деформация земной поверхности Карымского вулканического центра / М.А Магуськин, Г.А. Шароглазова – Москва, 1992. – 110 с.

УДК 528.2/5: 006.44:378

**СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНЖЕНЕРУ
НА ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ****О. Б. КУЛИК, А. С. САВЛЕВИЧ**
(Представлено: М. В. МАКАРОВА)

Рассматривается анализ требований к инженеру-геодезисту на специализированных предприятиях, осуществляющих геодезическую деятельность. Приведены результаты анкетирования заказчиков кадров. Уделяется внимание актуальности вопроса подготовки квалифицированных кадров для нужд производства на данном этапе образовательного процесса.

Как известно, картографо-геодезическая отрасль в целом, включающая картографическое, топографо-геодезическое, инженерно-геодезическое производства занимает очень важное место в экономике и обороне страны. Отрасль геодезии и картографии обеспечивает потребности производственного, транспортного, социального, военного и других секторов национальной экономики в геодезических данных и картографических материалах. Исходя из этого, важно оценить степень соответствия ожиданий заказчиков кадров с реальными условиями на рынке труда.

Методика исследования заключалась в устном опросе специалистов, осуществляющих найм инженеров на предприятиях, а также производением письменного анкетирования. Анкетирование – это исследование, включающее перечень вопросов, касающихся событий, фактов или мнений, чувств и предпочтений опрашиваемого относительно чего-либо.

В ходе работы была произведена выборка предприятий, специализирующиеся на геодезических, проектных и кадастровых работах, как государственных, так и частных форм собственности. Для анализа требований (на 2021 год) к специалисту, был составлен перечень вопросов, на который были получены релевантные ответы от респондентов (включающих как ведущих специалистов отделов, так и руководящее звено) с таких предприятий как [1]:

– Новополоцкий филиал «ВитебскГражданПроект» (филиал института «Витебскгражданпроект»), государственное предприятие, осуществляющее разработку проектно-сметной и иной технической документации [2];

– Государственное предприятие «Белгеодезия» (Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия», одно из ведущих предприятий Республики Беларусь, выполняющее геодезические, картографические работы, инженерные изыскания, услуги точного позиционирования с использованием аэрокосмических технологий и других современных средств измерений.) [3];

– ЧПИУП «Меридиан-ЗАПАД» (частное предприятие, осуществляющее геодезические изыскания);

– Витебский отдел инженерных изысканий Геосервис (служба по регистрации инженерных изысканий по Витебской области) [4];

– Национальное кадастровое агентство (главными задачами Национального кадастрового агентства являются реализация единой государственной политики в области земельно-имущественных отношений, государственной регистрации недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним, оценки объектов гражданских прав, ведение соответствующих кадастров, регистров и реестров.) [5]

Перечень вопросов, заданных инженерам выглядит следующим образом:

1. С какими геодезическими приборами инженер должен уметь работать?
2. Какие виды работ должен выполнять инженер на предприятии?
3. Какие нормативные документы инженер должен знать?
4. Какие дополнительные знания и навыки должен иметь специалист?
5. Имеется ли существенная разница между специалистом со средним и высшим образованием по профилю должности?
6. Какие основные пути закрытия вакансий в вашем предприятии?
7. Что является ключевым критерием при отборе кандидата на должность?
8. Какие компетенции являются ключевыми для инженера? [1]

При рассмотрении ответов работодателей на вопросы, можно найти различия, которые зависят от организации и вида деятельности, которую они выполняют. Некоторым организациям, важно знание английского языка, опыт работы и высшее специальное образование. В то время как другим организациям

не принципиально в каком учебном заведении обучался будущий работник – важны лишь компетенции и фактические навыки, которыми обладает работник (рисунок 1,2) [1].

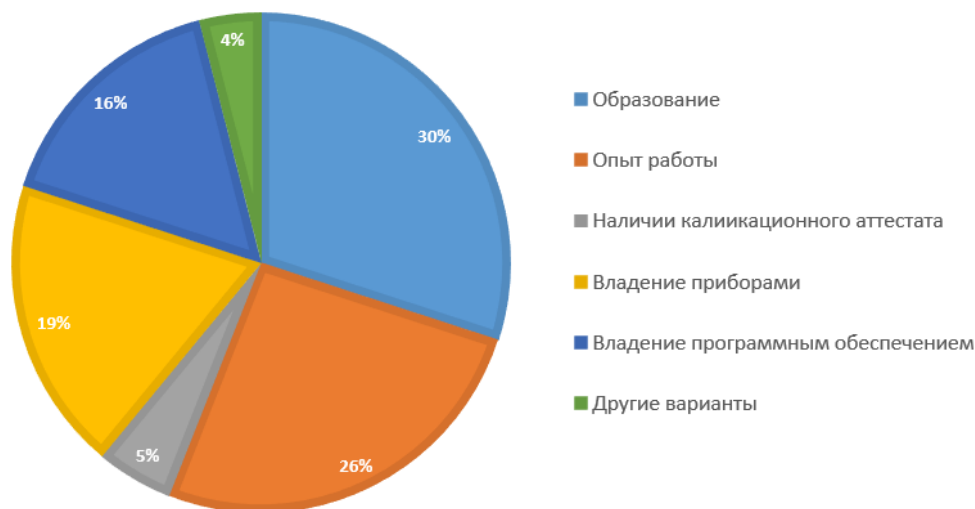


Рисунок 1. – Диаграмма ключевых критериев при отборе кандидата на должность

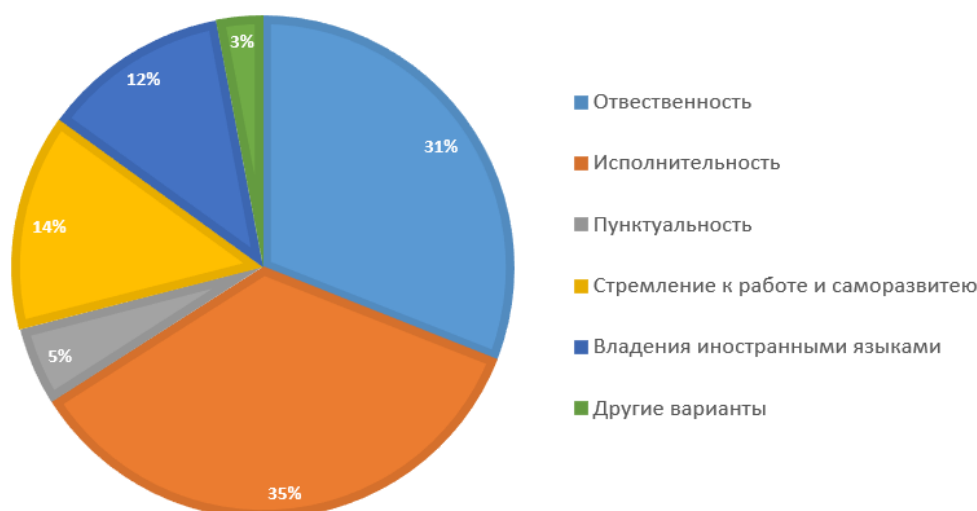


Рисунок 2. – Диаграмма компетенции, являющихся ключевыми для инженера

Не стоит исключать тот факт, что всем работодателям важны моральные качества будущего работника. Эмоциональная устойчивость, ответственность, исполнительность, стремление к работе и саморазвитию, надежность и порядочность.

Проведя опрос и получив достаточно информации для анализа можно сделать вывод о требованиях к инженеру на геодезическом предприятии на 2021 год, которые представлены на рисунке 3 [1].

Из вышеизложенной информации можно сделать выводы. Требования к инженеру меняются постоянно, потому что прогресс в отрасли неизбежен. После проведенного опроса в виде анкетирования и общения со специалистами в различных организациях, можно сказать, что работодатель хочет видеть в специалисте опыт в практической деятельности, теоретические знания, умения пользоваться программными продуктами, а также видеть дополнительные навыки, которые приветствуются в организации. Также необходимо отметить важность подготовки специалистов в учебных заведениях в тесной связи с производством, которая осуществляется посредством прохождения студентами технологических, производственных и преддипломных практик непосредственно на предприятиях.



Рисунок 3. – Требования к знаниям и умениям

ЛИТЕРАТУРА

1. Анкетирование – что это такое, где применяется, виды, плюсы и минусы, структура, правила составления анкет и типы вопросов:[Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://platnye-oprosi.ru/anketirovanie/> - Дата доступа: 06.09.2021.
2. Официальный сайт УП "Институт Витебскгражданпроект":[Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.vgp.by/company/novopolotsk> - Дата доступа: 06.09.2021.
3. Официальный сайт "Белгеодезия":[Электронный ресурс].-<https://geo.by> - Дата доступа: 06.09.2021.
4. Официальный сайт производственного республиканского унитарного предприятия "Геосервис" [Электронный ресурс].-<http://www.geoservice.by/sluzhba-reg-izysk-vitebsk.shtml> - Дата доступа: 06.09.2021.
5. Официальный сайт Национального кадастрового агентства [Электронный ресурс]. - <https://nca.by>- Дата доступа: 06.09.2021.

УДК528.2/.5: 006.44:378

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ЗНАНИЯМ И УМЕНИЯМ
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ****О. Б. КУЛИК, А. С. САВЛЕВИЧ**
(Представлено: М. В. МАКАРОВА)

Рассматривается сравнительная характеристика требований знаний и умений инженеров, приведенных в образовательных стандартах высшего образования 2007, 2013 и 2018 года и стандарты среднего образования в Республики Беларусь. Уделяется внимание актуальности вопроса на данном этапе образовательного процесса.

В настоящее время, требования к специалисту, при приеме на предприятия, меняются с каждым годом. Это можно объяснить тем, что ежегодно происходит выпуск новых приборов, программных продуктов и нормативных документов. Для повышения профессиональных качеств будущего инженера, следует ознакомиться и изучить материалы и требования прошлых лет.

Регулирование требований в Республике Беларусь к знаниям и умениям будущих специалистов, получающих среднее специальное, высшее или осуществляющих переподготовку, подлежит стандартизации. Образовательный стандарт – технический нормативный правовой акт, определяющий содержание образовательной программы посредством установления требований к образовательному процессу и результатам освоения ее содержания. Стандарт обязателен для применения во всех учреждениях высшего образования Республики Беларусь, осуществляющих подготовку по образовательным программам по специальности 56 02 01 «Геодезия».

Рассмотрим требования к инженеру-геодезисту, согласно тексту документа образовательного стандарта высшего образования **ОСВО1-56 02 01-2007 года**. Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями по видам деятельности:

- Построение и развитие геодезических сетей сгущения (полигонометрия 4 класса точности 1:25000, полигонометрия 1 и 2 разрядов)
- Построение и развитие плановых и высотных съемочных сетей (теодолитные ходы точности 1:1000, 1:2000, 1:3000, геодезические засечки, геометрическое и тригонометрическое нивелирование)
- Определение координат геодезических пунктов и точек земной поверхности с использованием автономных средств определения координат (геодезических спутниковых приемников)
- Установление (восстановление) границ земельных участков собственников, землевладельцев и землепользователей, а также охраняемых территорий
- Топографическая съемка (без съемки подземных инженерных коммуникаций) независимо от метода и ее обновление (корректурa) в масштабах 1:500 - 1:10000, выполняемая на участках определенной площади и т.д. [2]

Далее рассмотрим **ОСВО 1-56 02 01-2013**, согласно которому выпускник должен также уметь:

- Работать со специальной литературой и нормативными документами в области геодезии.
- Пользоваться печатными и глобальными информационными ресурсами в области инженерно-геодезических работ;
- Обосновать вид и тип геодезических приборов для рационального производства измерения и владеть методами и приемами работы на них;
- Выбирать и реализовать рациональный путь решения производственной задачи;
- Владеть методами контроля и оценки качества геодезических измерений.
- Владеть профессиональными автоматизированными комплексами для формирования, обработки, использования и представления результатов геодезических измерений и т.д.[2]

Последним принятым документом является **ОСВО 1-56 02 01-2018**. Согласно этому документу будущий инженер должен обладать следующими базовыми профессиональными компетенциями:

1. Владеть основными понятиями и методами линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, аналитической и дифференциальной геометрии, математического анализа; применять на практике.
2. Владеть основными методами программирования и работы с использованием профессиональных стандартных программ в производственной деятельности.
3. Владеть методами использования условных знаков топографических карт и планов в традиционном и цифровом форматах.

4. Владеть методами работы с геодезическими приборами технической точности для создания топографических планов крупного масштаба.

5. Владеть методами и средствами создания топографических карт и планов и т.д.[3]

Также необходимо отметить, что с введением данного образовательного стандарта сократился срок обучения по специальности – с пяти до четырёх лет.

Если сравнить все вышеперечисленные требования, то можно сказать что инженер-геодезист обязан знать:

- нормативно-правовую базу, регулиующую область геодезии и отраслевые нормы и стандарты правила работы с документами по вопросам проведения геодезических мероприятий;
- основные этапы проведения геодезических мероприятий;
- этапы проведения топографо-геодезических мероприятий; факторы, влияющие на результативность геодезических работ;
- нормы оформления результатов геодезических работ;
- особенности, способы применения, а также ограничения оборудования и приборов, используемых в современной геодезии;
- методы использования специализированного программного обеспечения; принципы составления геодезических карт и схем;
- стандарты работы с полевыми материалами;
- правила соблюдения норм охраны труда, пожарной безопасности и трудовой дисциплины экономические параметры геодезической деятельности.

Геодезист руководствуется: отраслевой нормативной базой; отраслевыми стандартами; документацией организации; положениями данного документа.

Для сравнения требований к выпускнику рассмотрим стандарт среднего специального образования по специальности **ОС РБ 2-56 02 01 2016 «Геодезия»**.

Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями по видам деятельности: производственно-технологическая:

- применять геодезические приборы, выполнять их исследование, поверки и юстировку;
- выполнять полевые и камеральные геодезические работы по созданию, развитию и реконструкции отдельных элементов государственных геодезических, нивелирных сетей и геодезических сетей специального назначения;
- выполнять работы по обследованию пунктов геодезических сетей; [1]

Из вышеизложенной информации можно сделать следующие выводы. Основные требования являются неизменными, однако они трансформируются ввиду внедрения новых технических средств (например, ГИС- технологий или съёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), лазерного сканирования). Требования к будущему инженеру с высшим образованием и средним также различны. Явным отличием между высшим и средним профессиональным образованием служит сама специфика подготовки специалистов. Если со средним специальным образованием специалист получает конкретные практические навыки в одной сфере, то с многоуровневой программой обучения (бакалавриат, магистратура) знания становятся более углубленными и обширными, появляется большая аналитическая и научная составляющая. Как примером служит, желание работодателя видеть специалиста с дополнительными знаниями- юридическими и экономическими.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://ripo.unibel.by/umosso/files/standart/2-56%2002%2001.pdf> - Дата доступа: 05.09.2020.
2. ОСВО 2007, 2013, 2018 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://edustandart.by/media/k2/attachments/os_1-56-02-01_271118.pdf. Дата доступа: 05.09.2020
3. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://nihe.bsu.by/images/cnpo/1-56_02_71_ОСРБ.pdf - Дата доступа : 05.09.2021
4. [Электронный ресурс].- Режим доступа: https://edustandart.by/media/k2/attachments/os_1-56-02-01_271118.pdf - Дата доступа : 05.09.2021

УДК 528.489

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЕННОЙ ТОПОГРАФИИ

А. В. КУРАШ, М. В. МЫСЛИВЕЦ
(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

В статье рассматривается одно из важнейших направлений геодезии – военная топография. Приведены этапы ее становления и развития. Уделено особое внимание роли военных топографов во время Великой Отечественной войны и боевых действий на территории Афганистана.

Военная топография — дисциплина военного дела, изучающая методы и средства оценки местности, ориентирования на ней и осуществления полевых измерений для обеспечения боевой деятельности войск, определяющая правила по ведению карт и разработки графических боевых документов.

Активное развитие топографии начал Пётр 1, который в 1711 году ввёл новую должность в военный штаб-квартирмейстер, в задачи которой входило обеспечение российской армии картографическими материалами. В квартирмейстерских частях были введены должности специальных офицеров, которые занимались вопросами составления карт и сбора сведений о местности. Они и являлись первыми российскими топографами. В Москве была открыта школа математических и навигационных наук, где готовили геодезистов и топографов.

В 1763 году был создан Генеральный штаб, в который входили около 40 офицеров геодезистов и топографов, именно это поспособствовало появлению военно-топографической службы. А в 1797 году было открыто Депо карт. Оно занималось изготовлением, хранением, печатью топографических карт и атласов. Именно Депо карт с 1801 по 1804 издало Столистую карту Российской империи (рисунок 1). 8 февраля 1812 года оно было переименовано в Военно-топографическое депо, и под его руководством в 1822 году был основан корпус топографов.

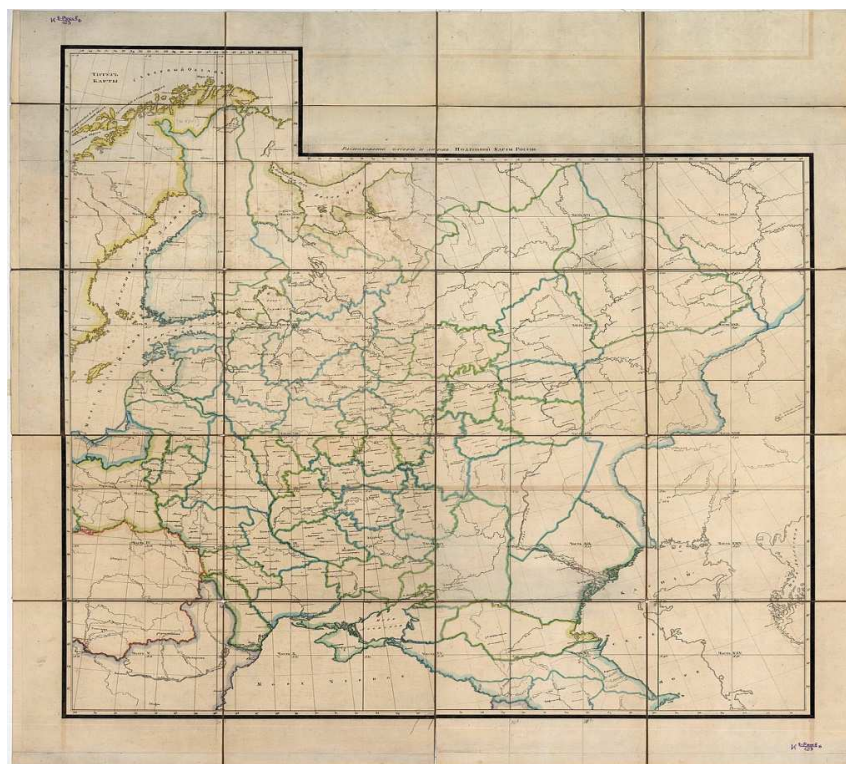


Рисунок 1. – Столистая карта Российской империи

В обязанности данного корпуса входили задачи обеспечения российской армии топографическими материалами и доведение их до войск и штабов. В корпусе проходили службу офицеры-геодезисты, квалифицированные и неквалифицированные художники, а также топографы и их ученики. Они проводили топографические съёмки, создавали карты и планы, проводили съёмку местности. К 1832 году топогра-

фический корпус насчитывал около 70 офицеров и 450 топографов. Тогда было принято решение создать 8 рот. В первую входило 120 человек и называлась она «рота военно-топографического депо», остальные работали по всей территории империи. У истоков корпуса топографов стоял генерал-майор Федор Федорович Шуберт.

Заслуживает внимания доблестный военный путь учеников и преподавателей Ленинградского военно-топографического училища во времена Великой Отечественной войны. В июне 1941 года курсанты начали готовиться к обороне Струго-Красненского лагеря, но были отозваны в Ленинград. Второкурсники, которые прошли финальные испытания, в июле 1941 года получили звание лейтенантов и были отправлены на фронт. Из-за военных действий училище перешло на ускоренный процесс обучения сроком в один год. На время войны это и стало основной задачей учебного заведения – ускоренная подготовка специалистов для артиллерийской топографической службы. 5 апреля 1945 года состоялось вручение училищу Красного Знамени, и оно было переименовано в «Ленинградское Краснознаменное Военно-топографическое училище». За время Великой Отечественной войны более 3000 выпускников были награждены медалями и орденами.

Практически в первые месяцы война дала понять об основных недостатках военно-топографической службы. Во первых, это недостаточное количество карт у войск, а у некоторых отрядов их полное отсутствие. Это происходило из-за того, что склады карт располагались на западной границе Советского Союза, и при отступлении советские войска были вынуждены уничтожать склады в Западном, Прибалтийском и Киевском округах, чтобы секретные материалы не попали в руки врагов. На оккупированных территориях оказались несколько важных объектов военно-топографической службы: картографическая фабрика в Киеве, оптико-механическая мастерская во Львове. Во-вторых, учитывая, что большинство топографических частей располагались на западе Советского Союза, с первых дней войны весь их состав отправился на фронт. Стоит отметить потери военно-топографической службы, которые в 1941 году составили около 140 офицеров, 1000 солдат и сержантов, 10 гражданских служащих. Поскольку данная профессия является узкопрофильной, и на подготовку специалистов требовалось много времени, эти потери считались очень большими, что и стало причиной перевода училищ на ускоренный процесс обучения. Во время войны топографам приходилось выполнять огромный спектр задач: обновление топографических карт, фотосъемка местности, выдача и хранение карт, разведка местности, дешифрирование аэрофотоснимков и др. Подводя итоги, следует отметить, что военные топографы внесли неоспоримый вклад в победу в Великой Отечественной войне.

Послевоенное время стало эпохой глобального развития военно-топографической службы Советской Армии. Во второй половине XX в., ввиду усложнения военного дела, перед топографической службой встало несколько важных задач: создание мировой космической геодезической сети, обоснование геоцентрической системы координат для применения ракетного оружия, создание цифровых карт крупных масштабов для систем наведения высокоточного оружия. Соответственно, решение этих задач требовало общего повышения квалификации военных топографов. Впоследствии в послевоенный период началось улучшение учебного процесса в Ленинградском военно-топографическом училище: офицеры начали изучение ядерного оружия и методы защиты от него, а курсанты – военно-инженерную подготовку. На этом развитие вооружённых сил не остановилось, требовался переход от средних военных училищ к высшим. Таким образом, в 1968 году Ленинградское военно-топографическое училище получило статус высшего. В нем был установлен срок обучения в 4 года, и начался переход к системе кафедр. Было образовано большое количество кафедр, таких как: фотограмметрии, астрономии и геодезии, высшей геодезии, радиогеодезии и радиоэлектроники, фототопографии и др. Ввиду того, что училище стало высшим, его начальникам была присвоена категория «генерал-майор», «генерал-лейтенант», а для заместителей – на ступень ниже. Для начальников кафедр устанавливалась штатная категория «полковник», преподавательскому составу – «подполковник». В 1980 году училищу было присвоено имя генерала армии А.И. Антонова.

Серьёзным испытанием для советской военной топографии стал военный конфликт на территории Афганистана. Война проходила на вражеской территории, на сложной и разнообразной местности, что стало настоящим экзаменом для советских военных топографов. В целом топографическая служба в Афганистане достойно справилась со своими задачами и уже ко второй половине 1980-х годов смогла обеспечить топографическими картами все подразделения, действующие на территории государства.

Современная военная топография шагнула далеко вперёд. Теперь, вместо бумажных карт используются электронные, которые куда проще в обращении. Однако, полностью от бумажных карт военные не отказались и в полевых условиях часто обращаются к ним. Сами топографы оснащены современным оборудованием и новейшими передвижными геодезическими комплексами, сейчас солдатам требуется 10 минут, чтобы разместить всё оборудование и приступить к выполнению боевых задач. Благодаря новейшим разработкам в сфере IT, военные топографы XXI века могут проводить контроль состояния ра-

дионавигационного поля спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS. Современное техническое оснащение позволяет им выполнять поставленные задачи как непосредственно в месте постоянной дислокации, так и в полевых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Глаза армии». День военного топографа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/90443-glaza-armii-den-voennogo-topografa.html> – Дата доступа: 17.09.2021.
2. Топографы особого назначения: кто и как обеспечивает войска точнейшей картографической информацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tvzvezda.ru/news/201712100841-wo00.htm> – Дата доступа: 17.09.2021.
3. Министерство обороны Республики Беларусь военный новостной портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mil.by/ru/forces/special/ntu/history/> – Дата доступа: 17.09.2021.
4. День военного топографа. С картой на передовой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/135515-den-voennogo-topografa-s-kartoy-na-peredovoy.html> – Дата доступа: 17.09.2021

УДК 528.489

**СОВРЕМЕННАЯ НАВИГАЦИОННО-ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЛУЖБА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ****А. В. КУРАШ, М. В. МЫСЛИВЕЦ**
(Представлено: П.Ф. ПАРАДНЯ)

В статье приведен анализ современного состояния навигационно-топографической службы Республики Беларусь. Рассматриваются беспилотные летательные аппараты белорусского производства и подвижный навигационно-топографический комплекс, находящиеся на вооружении службы и являющиеся перспективной частью ее оборудования

Топографическая служба Вооруженных Сил РБ - одно из самых секретных для подразделений нашей армии. В его задачи входит обеспечение войск топографическими картами и планами, исходными астрономо-геодезическими данными, специальными картами и фотодокументами местности.

Топографические карты являются важнейшим источником информации о местности и одним из основных документов для управления войсками, поэтому обеспечение ими войск является главной задачей топогеодезического обеспечения.

Основными требованиями к топографическим картам являются достоверность и геометрическая точность. Достоверность карты – это правильность сведений, изображенных на карте на определенное время. Она достигается периодическим обновлением или своевременным дополнением карт. Геометрическая точность карты — это степень соответствия местоположения точек на карте их местоположению на местности.

Белорусская топографическая служба успешно справляется с этими задачами, так как на ее вооружении стоит современное топогеодезическое оборудование, которое отвечает всем современным требованиям. В их распоряжении находится большое количество надежных теодолитов, а также электронные тахеометры, лазерные рулетки и нивелиры. Но стоит понимать, что и это не самые современные способы сбора информации. Работа с инструментами в поле является не быстрым, а самое главное не безопасным процессом для личного состава. Для этого у них на вооружении имеются оригинальные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) белорусского производства и подвижный навигационно-топографический комплекс (рисунок 1, рисунок 2), позволяющие в режиме реального времени выполнять различные виды съемок.

Данный комплекс состоит из нескольких основных частей:

- модуль технологический на базе шасси автомобиля повышенной проходимости с кузовом-фургоном контейнерного типа для размещения аппаратно-программного комплекса обработки и хранения геопространственной информации, управления БПЛА и решения функциональных задач;
- модуль жизнеобеспечения на базе автомобильного прицепа с кузовом-фургоном контейнерного типа для проведения совещаний, обеспечения отдыха и питания членов экипажа;
- комплекс оперативного мониторинга местности на базе беспилотного летательного аппарата “Бусел-10”;
- комплект переносных средств топогеодезического обеспечения для ведения топографической съемки.

Задачи которые может решать подвижный навигационно-топографический комплекс:

- геоинформационная поддержка принятия решения;
- сбор геопространственной информации, включая ведение топографической съемки, фото-ТВ-, ИК- съемки местности с борта БПЛА “Бусел-10”;
- анализ и оценка местности в топогеодезическом отношении, выявление изменений местности;
- создание (обновление) цифровых и бумажных топографических карт, других документов о местности;
- ведение баз данных.

Рассмотрим подробнее БПЛА “Бусел-10” (рисунок 3). В его задачи входит ведение воздушной разведки и аэрофотосъемки местности в реальном времени в любое время суток. «Бусел-10» может пролететь в автоматическом режиме до 1400 км без управления оператора — произвольный маршрут задается заранее, пока техника находится в радиусе до 120 км от пункта управления. Аэрофотоснимки сохраняются в бортовой памяти, и, чтобы их считать, не обязательно дожидаться приземления беспилотника, достаточно, чтобы он вернулся в зону приема видеосигнала — те же 120 км. В одном комплексе может быть до 4 беспилотников. Сами аппараты “Бусел-10” несут большой набор полезной нагрузки: цифровая фотокамера, управляемая видеокамера и инфракрасная камера на гиростабилизированных платформах.

Поэтому беспилотный авиационный комплекс позволяет вести плановую съемку местности, аэрофото-съемку, видеонаблюдение с использованием бортовой аппаратуры, передавать данные на наземный пункт управления, определять координаты стационарных и движущихся объектов в реальном масштабе времени.



Рисунок 1. – Подвижный навигационно-топографический комплекс



Рисунок 2. – Подвижный навигационно-топографический комплекс (вид внутри)



Рисунок 3. – БПЛА «Бусел-10»

Кроме БПЛА «Бусел-10» подвижный навигационно-топографический комплекс может снабжаться БПЛА «Формула» (рисунок 4). БПЛА «Формула» – это белорусский многоцелевой военный летательный аппарат. Он был спроектирован компанией «Мидивасана» на базе российского военного дрона «Истра-10», при этом, устройство было усовершенствовано для эксплуатации его в навигационно-топографической службе. Его возможности были расширены, что позволяет использовать БПЛА для выполнения задач связанных с разведкой местности, но и для выполнения аэросъемки и аэрофотографирования местности для создания карт.



Рисунок 4. – БПЛА «Формула»

Беспилотный летательный аппарат «Формула» был спроектирован в конфигурации самолётного типа. При этом, данный БПЛА обладает весьма компактной конструкцией, что существенно упрощает его транспортировку. Система шасси отсутствует, ввиду чего запуск устройства производится при помощи специальной разгонной катапульты, что позволяет его использовать в условиях любой местности.

Автоматизированное рабочее место геодезиста АРМ-Г (рисунок 5) является многофункциональным, мобильным вычислительным средством и предназначено для обработки геодезических измерений, результатов топографической разведки, создания и накопления астрономо-геодезических и гравиметрических данных в цифровом виде. С помощью этого комплекса производят обработку данных получаемых как с БПЛА так и методами наземной съемки.



Рисунок 5. – Автоматизированное рабочее место геодезиста АРМ-Г

В заключение следует отметить, что топографическое производство военной отрасли активно совершенствуется. Технологии, которые когда-то разрабатывались и хранились в строжайшем секрете,

неизбежно начинают работать на пользу человечеству. Благодаря этому, в скором будущем мы сможем увидеть навигационный топографический комплекс и БПЛА “Бусел-10” как и другие военно-топографические разработки на службе и в гражданской сфере деятельности. Сейчас же можно смело заявить, что навигационно-топографическая служба Беларуси является одной из самых современных в мире.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Глаза армии». День военного топографа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/90443-glaza-armii-den-voennogo-topografa.html> – Дата доступа: 18.09.2021.
2. Топографы особого назначения: кто и как обеспечивает войска точнейшей картографической информацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tvzvezda.ru/news/201712100841-wo00.htm> – Дата доступа: 18.09.2021.
3. Справочник по военной топографии / А. М. Говорухин, А. М. Куприн, А. Н. Коваленко, М. В. Гаме-зо – 2 изд. – 1980.
4. МИДИВИРСАНА Боевые комплексы и системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://midivisana.by> – Дата доступа: 18.09.2021.
5. Министерство обороны Республики Беларусь военный новостной портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mil.by/ru/forces/special/ntu/> – Дата доступа: 18.09.2021.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

UDC 697.1:536.2

**TO THE QUESTION OF STUDYING THE CONVECTIVE PROPERTIES
OF THERMAL INSULATING MATERIALS**

YUAN JINBIN

(Presented by: D. N. SHABANOV, A. N. YAGUBKIN)

The popular heat-insulating materials presented on the market of the Republic of Belarus are considered and compared with the screen heat-insulating material presented in the form of aluminum foil.

Formulation of the problem. The increase in the energy efficiency of residential buildings, dictated by the energy crisis, required a significant increase in regulatory requirements for the resistance to heat transfer of the building envelopes and the development of a set of energy-saving measures.

At the moment, the issues related to the use of screen thermal insulation in modern enclosing structures have not been sufficiently studied. At the same time, the lack of a methodology for calculating such heat-shielding systems and technical solutions for the insulation of building envelopes hinders the use of the above materials in construction.

Analysis of preliminary studies. Given the wide variety of thermal insulation materials, an important issue is their systematization and the development of highly efficient materials. Thanks to the research carried out, a wealth of experimental experience has been accumulated and effective materials have been developed to ensure thermal insulation of buildings and structures. And carrying out a comparative analysis of materials will allow you to choose the path of developing new compositions for the manufacture of heat-insulating materials and their effective optimization. It is known that the main requirements for thermal insulation materials are low thermal conductivity and suitability for thermal insulation of building structures of residential, industrial and agricultural buildings, surfaces of production equipment and units (industrial furnaces, turbines, pipelines, refrigerator chambers, etc.). These materials should have a low average density - no more than 600 kg/m^3 , which is achieved by increasing their porosity [3]. In civil and transport construction, thermal insulation allows you to reduce the thickness of the enclosing structures (walls, roofs), reduce the cost of basic building materials (brick, concrete, wood), lighten structures and reduce their cost, and reduce fuel costs during the operating period. In technological and power equipment, thermal insulation reduces heat losses, provides the required technological temperature regime, reduces the specific fuel consumption per unit of production, and improves working conditions. To obtain a sufficient effect from the use of thermal insulation, in engineering projects, appropriate thermal calculations are carried out, in which specific types of thermal insulation materials are taken and their thermophysical characteristics are taken into account [2]. In recent years, dozens of new heat-insulating materials have appeared on the Ukrainian construction market, thanks to which a significant breakthrough has taken place, primarily in the field of energy saving. With the development of new technologies, modern insulating materials have become more efficient, environmentally friendly, diverse and meet specific construction specifications: the possibility of building high-rise buildings, reducing the thickness of the enclosing structures, reducing the mass of buildings, the cost of building materials, as well as saving fuel and energy resources while ensuring normal indoor climate.

Organic heat-insulating materials are made from natural raw materials: woodworking and agricultural waste, peat, as well as various plastics, cement. This is a fairly large group of materials available on the market in an extensive range. Almost all organic heat insulators are characterized by low fire, water and biological resistance. As a rule, organic heat insulators are used in areas where the surface and ambient temperature does not rise above 150 degrees, as well as as a middle layer of multilayer structures - in plaster facades, wall cladding, in triple panels, etc. More resistant to action moisture, fire and bioagents, materials made of gas-filled plastics (expanded polystyrene, expanded polystyrene, expanded plastic, honeycomb, etc.). Cellular plastics now occupy a significant market share in thermal insulation materials. Heaters based on them enjoy well-deserved popularity due to their physical properties, low cost, ease of processing and durability.

The analysis of research materials and publications [1-7] indicated the problems of using modern heat-insulating materials. If we talk about expanded polystyrene, then its main negative properties are fragility, flammability and environmental hazard. As the experience of construction shows, the expanded polystyrene embedded in the walls is destroyed in 10-15 years. The same is the case with mineral wool products. Already after

7-9 years, they turn into a dusty state, which is environmentally unsafe. Consequently, the use of foam and mineral wool products in construction leads to the fact that after 7–10 years the enclosing structures will not provide the required thermal resistance. Despite the advantages of aerated concrete in comparison with other heat-insulating materials, they have significant disadvantages. High water absorption results in low moisture and frost resistance. Their increased hydrophobicity reduces adhesion to the surface and makes plastering difficult. Low strength in combination with high density and insufficient thermal insulation properties narrows the area of their application [5].

Today, as thermal insulation materials are often used: mineral wool, expanded polystyrene, penoplex. All of the listed heat-insulating materials are in great demand, but do not forget about their service life, emission of toxic substances and cost. At the moment, in the Republic of Belarus there are no heat-insulating materials or structural solutions for walls, at least on the market, that would be cheaper and more energy efficient. An alternative to this material can be screen heaters, which will be played by foil.

The use of such materials in construction is constrained by the lack of experimental data on the thermal resistance of closed shielded air layers, as well as a methodology for calculating building envelopes insulated with the use of shield thermal insulation.

Having studied this problem, we conducted laboratory studies in which we tried to improve the thermal insulation qualities of insulating materials.

Purpose of the study. Consider the popular heat-insulating materials on the market of the Republic of Belarus and compare them with the shield heat-insulating material presented in the form of aluminum foil.

Research results and discussion. Digital temperature sensors were used to monitor the temperature readings.

Main characteristics of digital temperature sensor ds18b20:

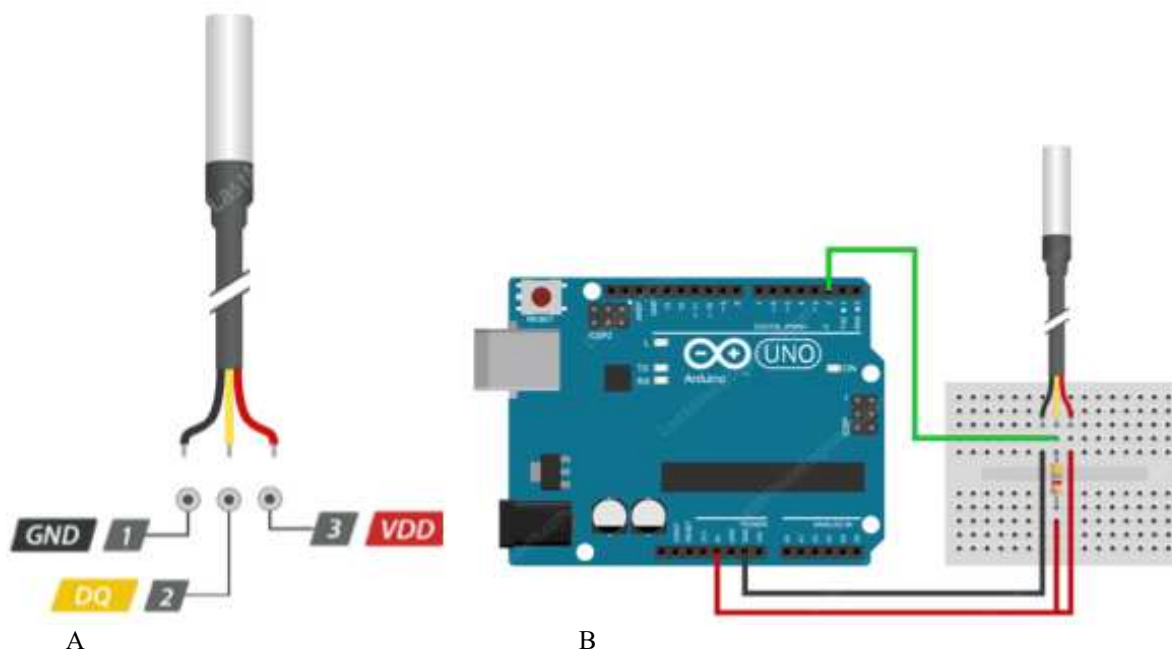
- range of measured temperature from -55 to +125 °C;
- measurement error in the range from -10 to + 85° C is 0.5 °C.

The connection diagram of the ds18b20 sensor to the microcontroller (for example, Arduino) is shown in

Figure 1:

GND, VDD - power pins (3.3 to 5 V);

DQ - digital output for connection to a microcontroller.



A - diagram of the terminals of the ds18b20 sensor;
 B - wiring diagram of the ds18b20 sensor through a 4.7 kOhm pull-up resistor to the Arduino uno microcontroller

Figure 1. – Connecting the ds18b20 sensor to the Arduino uno microcontroller

Based on the analysis of existing heat-insulating materials, we carried out laboratory studies in which, in addition to insulation (mineral wool, penoplex, expanded polystyrene), aluminum foil was used as a screen insulation. A cardboard box with different insulation inside was used as a model. The following materials were chosen as insulation materials: polystyrene, foil, mineral wool and wood concrete. A sample (with sensors inside) was placed on the setup, a lamp inside the sample was turned on and heated the space (Fig. 2.). The readings of temperatures were recorded by sensors and provided information to the specialized program Arduino uno. The automated processing of the obtained experimental data was carried out using the Microsoft Office Excel software package.

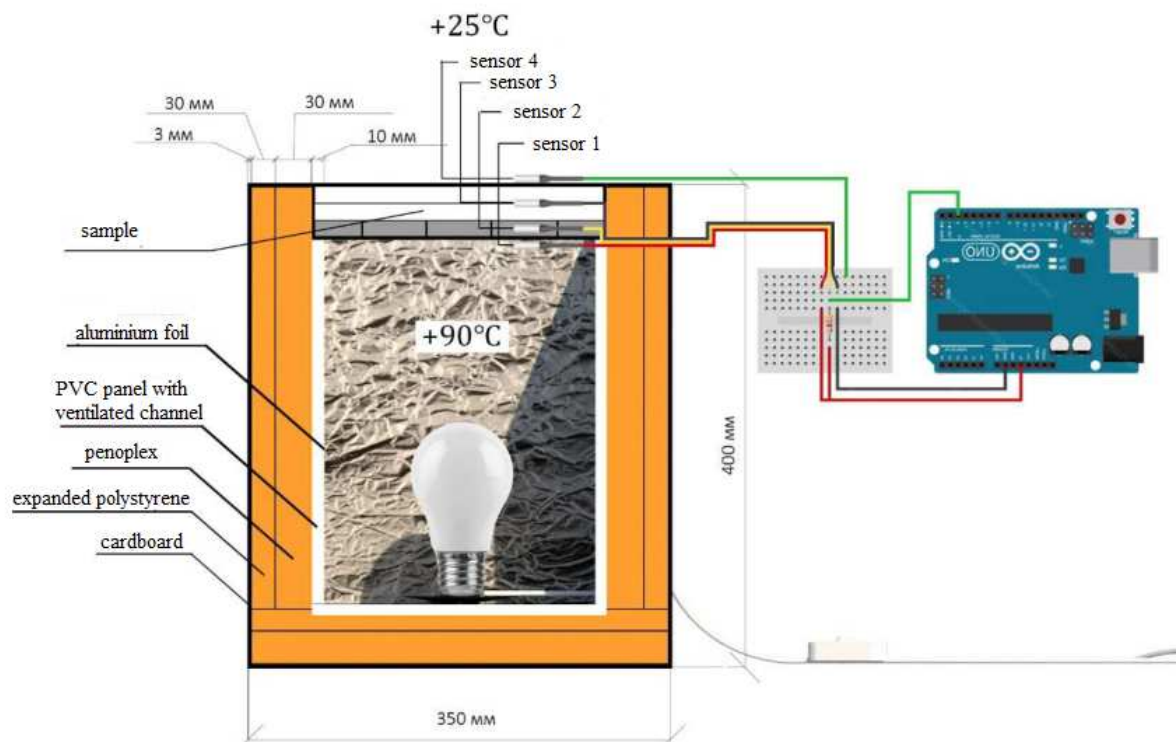


Figure 2. – Sectional view of the pilot plant

On top of the pilot plant was placed a prototype, which was a box with ribs (which formed an air gap) and an empty space into which various insulation materials 30 mm thick were laid. The pilot plant was heated to create a temperature difference of + 80-90 °C and 23-25 °C, after heating, the incandescent lamp was turned off and the temperature readings were monitored and the rate at which the heat from the pilot plant went outside.

Conclusion. Today, in addition to convection and heat conduction, radiative heat transfer also takes place in the system under consideration, especially in the case of using heating devices with a significant share of heat transfer by radiation (the "Plan" system). Radiation heat exchange can significantly affect the nature of the distribution by the microclimate parameter. Due to the fact that air is a mixture consisting mainly of two atomic gases, it does not represent an obstacle to thermal radiation, that is, it is diathermic. It can also be assumed that bodies in a room form a closed system of gray surfaces that diffusely radiate and reflect. All surfaces can be considered gray surfaces if radiation of practically uniform spectral composition propagates in the system, i.e. when radiation from high-temperature sources (the sun) and bodies with ordinary room temperature is not simultaneously considered. Even surfaces with pronounced mirror properties can be considered diffusely reflecting in calculations, if chaotically oriented radiation falls on these surfaces (the air - foil system in several layers).

When reconstructing or overhauling buildings of architectural or historical value, it is not possible to insulate the walls from the outside. Therefore, in order to preserve the external historical appearance of the building, it is advisable to use an internal insulation system, in which the thermal insulation is located on the inside of the enclosing structure.

So far, we have carried out preliminary tests on a standard machine and have received first encouraging results. For example, the required resistance to heat transfer for the first sample using aluminum foil was $0.764 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, which is more than $0.623 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ for the control sample using mineral wool.

After the completion of laboratory tests, we plan, according to the existing agreement with the plant KPD Stroytrest No. 17 and the Novopolotsk City Executive Committee, to carry out factory tests and, if these tests

give a positive result, to launch the new solution into the serial production of residential houses, first in our region, and then throughout the Republic of Belarus, which may allow, subject to the implementation of the remaining measures we plan, in terms of internal structures, the transition to an open typification system, etc., to reduce the cost of construction by about 3 times, having received the cost 1m² of total area less than 350 denominated Belarusian rubles.

LITERATURE

1. Building, O. M. Pshinko materials science on transport: a textbook for university rubles / O.M. Pshinko, A.V. Krasniuk, V.V. Punagin, O.V. Hromova. – D. : Dnipropetrovsk Publishing House. nat. University of Iron. transp them. acad. V. Lazaryan, 2010. – 624 p.;
2. Gorlov, Yu. P. Tehnologiya teploizolyatsionnykh materialov: uchebnyk dlya vuzov / Yu. P. Gorlov, AP Merkin, AA Ustenko. - M: Stroyizdat, 1980. - 399 p.\$
3. Krivenko, P.V Budivselne materialoznavstvo: pidruchnyk / P.V. Krivenko, K.K. Pushkareva, V.B. Baranovsky. - K.: TOB UVPK «ExOb», 2004. - 704 p.;
4. Sukharev M.F. Production of heat-insulating materials / M.F. Sukharev, I. L. Maisel, V. G. Sandler. - M.: Higher school, 1981. -- 231 p. 5. Pshinko, A. N. Modified heat-insulating inorganic material based on aluminosilicate raw materials as an alternative to existing heaters / A. N. Pshinko, A. V. Krasnyuk, A. S. Shcherbak // Construction, materials science, mechanical engineering: collection of scientific works. scientific. works. - Issue. 61. - D.: PGASA, 2011. - S. 344–349.\$
5. Bobrov, Yu. L. Thermal insulation materials and structures: textbook / Yu. L. Bobrov, E.G. Ovcharenko, B.M. Shoikhet, E. Yu. Petukhova. - M.: Infra-M, 2003. - 265 p.
6. Shcherbak, A.S. Operational and ecological improvements of thermal insulation from the conditions of modified pineapple / A.S. Shcherbak // Bulletin of Dnipropetr. nat. un-tu zalizn. trance. im. acad. V. Lazaryan. - D., 2010. - VIP. 32. - S. 141-142.;
7. Schill, F. Pěnové sklo: výroba a použití / F. Schil. – Praha : SNTL, 1962. – 269 p.

УДК 691.1

**«НЕОРДИНАРНЫЕ» СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА «ЭКОДОМА»****А. Ю. БАРАНОК, П. А. БЕСЕДИН**
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)

Приведены строительные материалы для строительства «Экодому», отличающихся нехарактерным сырьем для производства строительных изделий. По каждому материалу представлены компоненты и физико-механические характеристики.

В последние годы тенденция экологически чистого жилья все больше входит в моду, так как в основном материалы, применяемые для строительства «обычных» домов, содержат вредные химические соединения, которые негативно влияют на здоровье человека. И действительно: в природе предостаточно натуральных материалов, которые могут быть использованы для возведения стен и крыш, а также внутренней и наружной отделки домов.

Кроме того, природа имеет в своем «арсенале» и источники снабжения человека всеми необходимыми для жизни энергоресурсами. Многие городские жители, мечтающие о загородном доме, выбирают именно экологически чистые постройки, но не имеют информации о том, с чего начать. Поэтому в данной статье будут представлены «неординарные» варианты материалов, из которых могут возводиться «экодома» [1].

В различных странах широко произрастает камыш. Стебли камыша применяют для изготовления пропитанных проволокой прессованных камышитовых плит, имеющих среднюю плотность 175–250 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,046–0,093 Вт/(м·°С) и предел прочности при изгибе в диапазоне 0,5–1,0 МПа. Камышитовые плиты дешевле и легче фибролита, но менее огнестойки. Поверхностный слой камыша содержит повышенное количество кремния, что затрудняет возгорание, но не препятствует тлению материала при воздействии открытого пламени.

Существует ограничение на использование камышитовых плит при возведении капитальных стен с относительной влажностью воздуха в помещениях не более 75%. Также не допускается применение плит в конструкциях подверженных переувлажнению в процессе эксплуатации зданий. Для повышения стойкости к гниению рекомендуется обрабатывать камышит антисептиком в виде 3% раствора железного купороса. Гидрофобность плит предлагается повышать путем окраски поверхности эмалями и нитролаками.

В настоящее время камыш широко применяют при строительстве жилых домов в провинциях Китая. Камышитовые плиты и маты изготавливают вручную и используют при устройстве перегородок и перекрытий, а также глинокамышитовых перемычек в конструкциях из необожженного кирпича.

В Польше камышитовые плиты используют для заполнения деревянных каркасов зданий при постройке одно- и двухэтажных жилых домов, гаражей, птичников, а в Болгарии плиты применяют при устройстве обрешетки для черепичной кровли, для тепло- и звукоизоляции железобетонных перекрытий, при заполнении деревянных каркасов зданий [2].

Наилучшим сочетанием торфа, цемента, золы, хвои и опилкой являются грунтоблоки, применяемые при строительстве малоэтажных жилых домов.

Строительство из грунта имеет ряд достоинств:

- дешевизна. Она обуславливается тем, что материал имеется везде под руками (и под ногами тоже): почти всякая земля, за исключением чистого песка, годна для работы. Применение грунтоблоков для стен одноэтажных зданий сокращает транспортные расходы в 3-4 раза, топлива – в 10-15 раз. Трудозатраты на изготовление материала и укладку его в стены снижаются примерно в 1,5 раза. Капиталовложений требуется в 5-10 раз меньше по сравнению со стенами из обжигового кирпича;

- пожаробезопасность. Постройки из земли не только не горят, но от действия огня становятся ещё крепче;

- гигиеничность. Постройки из земли сухи и комфортны для проживания;

- малая теплопроводность. Здания из земли теплее кирпичных. Для поддержания нормальной комнатной температуры в них требуется израсходовать топлива меньше, чем при аналогичных условиях в каменных и деревянных зданиях;

- экобезопасность. Использование земли для строительства способствует сбережению леса, снижению энергозатрат для изготовления и транспортирования стройматериалов. Да и утилизация такого строения не представляет особого труда: из земли пришел, в землю и ушел [3].

Теплоизоляционные блоки «Геокар» применяются как теплоизоляционный материал при строительстве жилых зданий: колодцевая кладка, навесные стены, межкомнатные и межквартирные перегородки, утепление чердачных и межэтажных перекрытий, а также хозяйственных построек. При малоэтажном строительстве материал используется как конструкционный в несущих и сомонесущих наружных ограждающих конструкциях.

Материал «Геокар» выпускается в виде блоков 510*250*88 мм и заменяет 4-ре стандартных кирпича по размеру: (250×125×65) мм. Строительный теплоизоляционный блок "ГеоКар" обладает теплопроводностью 0,047–0,08 Вт/м·К.

Блок "ГеоКар" изготавливается из натурального природного сырья – торфа и древесной стружки, поэтому экологически чист. Что подтверждено знаменитым институтом имени Эрисмана. А, кроме того, торф, как известно, обладает бактерицидным действием, и "ГеоКар" это действие на вредные микроорганизмы тоже оказывает. Также "ГеоКар" снижает уровень проникающей радиации в помещении до пяти раз, не гниет и не подвергается атакам грызунов. И еще. "ГеоКар" – жесткий теплоизоляционный материал. При малоэтажном строительстве (до двух этажей при высоте этажа до трех метров) блоки Геокар могут использоваться для возведения несущих стен.

Гарантированный (подтвержденный различными экспертизами ведущих строительных институтов страны) срок эксплуатации блоков "ГеоКар" – не менее 75 лет. Теплоизоляционный блок "ГеоКар", производимый на основе торфа является перспективной новинкой на рынке стройматериалов [4].

Сегодня в каркасно-монолитном строительстве часто применяют такой материал, как зидарит, который представляет собой водонепроницаемые и пожаробезопасные древесно-цементные плиты. Зидарит не портится насекомыми, в нем не заводятся грызуны, бактерии и вредные микроорганизмы.

В состав плит входят следующие компоненты: измельченная щепа (древесина) – 89%, цемент – 10%, сода с жидким стеклом – 1%.

Производством материалов «Зидарит» занимается завод «Комфорт», являющийся высокотехнологичным промышленным предприятием. Завод «Комфорт» является производственной базой строительных материалов группы компаний «КОНКОР». Предприятие построено по проекту австрийской фирмы «Velox» в северной индустриальной зоне в Болгарии в г. Бургасе и характеризуется высококачественным и высокотехнологичным производством, сформированной материально-технической и снабженческой базой, эффективной кадровой политикой, прекрасным географическим расположением и выгодной транспортной схемой [5].

Сочетанием природного сырья и промышленных отходов является «Керапен». По структуре пористый, а по свойствам очень похож на стекло. Он устойчив к морозам, не поддается атмосферным изменениям и очень прочный, влагоустойчивый. На рынке строительных материалов все больше и больше появляется натуральных материалов. Использование именно их в постройке своего дома, они помогут сохранить долговечность и экологичность на долгие годы [6].

От плотности материала зависит сфера использования. Например, высокоплотный керапен используется для возведения несущих стен с 3 до 5 этажа, материалы средней плотности – для возведения несущих стен до 3 этажа и для облицовки наружных стен, низкоплотный керапен используют как теплоизоляционный материал для утепления крыши, домов, стен, подвалов.

Основными достоинствами материала «Керапен» является долговечность (до 100 лет), огнестойкость и экологичность. Также преимуществом керапена является лёгкость. Он в 7 раз легче кирпича, и даже немножко легче пеностекла [7].

Строительным материалом из глинистого грунта, соломы и песка является саман – один из самых простых и дешевых строительных материалов. Для изготовления нужна только лопата и бетономешалка. Обычно из самана делают кирпичи. Вместо цемента берут водянистую глину. Глиняный раствор заливают в специальные формы. Готовые блоки неделю сушат на солнце. Потом из саманных кирпичей ставят стену. Чтобы стены дома были крепче, в состав добавляют керамзит, гравий, щебень, жидкое стекло или костный клей. Иногда саманный раствор заливают внутрь каскадной стены, чтобы ускорить строительство и сделать его дешевле.

Достоинства саманного дома:

– Глина плохо пропускает шум. Если сосед начнет стройку с тракторами, самосвалами и бензопилами, в саманном доме будет тихо. Даже если рядом проходит железно-дорожные пути, поезда не будет слышно.

– В саманном доме тепло зимой и прохладно в жару. Саманные дома впитывают влагу во время холода или дождя и отдают ее во время жары. Так происходит из-за высокой гигроскопичности глины. Комфортная температура в таких домах стабилизируется самостоятельно. Покупать кондиционер или увлажнитель воздуха не нужно. Раньше в саманные дома ставили печи из глины. Если ее топили в течение 2-3 часов, то тепло расходилось на все помещения, согревало пол и оставалось в доме

примерно на сутки. Сейчас в загородные дома часто устанавливают обогреватели. Тепло от батарей в саманном доме также задержится надолго [8].

Как показало последнее десятилетие, прошедшее в бурных дискуссиях, экологический дом – это сложное сооружение, но, по большому счету, не сложнее любого современного здания. В особенности учитывая, что экодому имеют много преимуществ, как для окружающей среды, так и для здоровья общества.

Важно отметить, что построить дом по одной из известных эко технологий своими силами вполне реально. Начать можно не с жилого здания, а маленького подсобного помещения, летней кухни или дачного декора, ведь экологически чистых материалов для строительства очень много, а с развитием науки количество экологически безопасных материалов постоянно возрастает, разница состоит только в технологических характеристиках и стоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Как обустроить экодому: строительство загородного дома по экологическим стандартам [Электронный ресурс] / сайт Дом на век – Режим доступа: <https://dom-naveka.ru/dom-stroj/ekologiya-doma.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
2. Давыденко, Н.В. Теплоизоляционные плиты на основе отходов растениеводства и неорганического вяжущего: дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Н.В. Давыденко. – Новополоцк, 2016. – 15–16 с.;
3. Грунтоблочное строительство [Электронный ресурс] / сайт Самодиокино – Режим доступа: <http://табуретовка.рф/?p=6815> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
4. Теплоизоляционный блок «ГеоКар» [Электронный ресурс] / сайт econet – Режим доступа: <https://econet.ru/articles/94169-teploizolyatsionnyy-blok-geokar> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
5. Экологически чистые строительные материалы [Электронный ресурс] / сайт diy – Режим доступа: <http://www.diy.ru/post/3109> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
6. Экологически чистые материалы: грунтоблок, геокар, торфоблоки, керпен [Электронный ресурс] / сайт Всё просто - Интересный познавательный блог – Режим доступа: <https://vseprosto.com/ecomaterial> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
7. Керапен и пеностекло: сравнительные характеристики [Электронный ресурс] / сайт Прорабофф – Режим доступа: <https://прорабофф.рф/kerapen-i-penosteklo-sravnitelnyie-harakteristiki> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
8. Как живут в саманном доме [Электронный ресурс] / сайт этажи журнал – Режим доступа: <https://j.etagi.com/stati/kak-zhivut-v-samannom-dome> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;

УДК 691.1

**ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОЛОЦКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА «ЭКОДОМА»****А. Ю. БАРАНОК, П. А. БЕСЕДИН
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)**

Рассмотрены инновационные материалы на основе отходов растениеводства, разработанные в Полоцком государственном университете, которые могут быть использованы для строительства «Экодома». По каждому материалу представлены составы и физико-механические характеристики.

В настоящее время стоимость всех известных источников энергии растет более высокими темпами, чем доходы населения. В связи с этой тенденцией, задача снижения энергозатрат на отопление волнует не только частных домовладельцев, но и представителей муниципальных властей. Проблема энергосбережения и экологии – одна из самых актуальных для современного общества [1].

Современный рынок строительных материалов может похвастаться широким ассортиментом товаров для строительства «экодомов». Несмотря на это, далеко не все из них безопасны для здоровья человека. Поэтому перед строительством дома важно убедиться в том, что новая стройка или ремонт не станет причиной аллергии и других заболеваний у близких и домашних животных [2].

В лабораториях кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета производятся исследования по разработке стеновых и теплоизоляционных материалов с заполнителями из отходов растительного производства.

Стеновые материалы на основе соломы и костры льна с высокими теплоизоляционными свойствами. Арболит на основе отходов растениеводства содержит в виде крупного и мелкого заполнителей солому злаковых культур фракцией 20–40 мм и костру льна размером до 10 мм. В качестве комплексного вяжущего используется цементно-известковая композиция.

В результате проведенных исследований предложено техническое решение по рациональному использованию (утилизации) отходов растениеводства при получении строительного материала в виде экологически безопасных эффективных стеновых арболитовых блоков (рис. 1). Полученные костросоломенные блоки на цементно-известковом вяжущем при плотности 529-585 кг/м³ имеют прочность на сжатие 2-2,4 МПа и обладают низким коэффициентом теплопроводности для стеновых материалов из арболита, составляющим 0,08-0,09 Вт/м·°С. Арболитовые блоки на основе соломы и костры льна обладают прочностью, необходимой для возведения несущих наружных стен высотой до 3 м в каркасных зданиях при толщине кладки 300 мм, позволяющей обеспечить требуемое сопротивление теплопередаче. Кроме того, костросоломенные блоки обладают хорошей адгезией со штукатурными растворами.



Рисунок 1. – Образцы стенового материала на основе соломы и костры

Полученные результаты испытаний по определению тепло- и гидрофизических характеристик материалов в условиях эксплуатации подтвердили, что стеновые блоки на основе смеси соломы и костры льна выполняют не только функцию стенового ограждения, воспринимающего нагрузку, но и одновременно обеспечивают высокие теплоизолирующие свойства наружных стен [3].

Теплоизоляционные плиты из очесов льна. К инновационной разработке относится утеплитель на основе льняных очесов и модифицированного жидкого стекла (рис. 2), отличающиеся более высокими теплофизическими характеристиками по сравнению с существующими аналогами, подтвержденными натурными исследованиями, малой дымообразующей способностью (группа Д1), что позволяет решить проблему рациональной утилизации многотоннажных отходов растениеводства по регионам Беларуси.



Рисунок 2. – Теплоизоляционные плиты из очесов льна

Сорбционная влажность плит равна 14–27%, при относительной влажности воздуха от 60 до 80% и коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных материалов на основе очесов, составляет 0,34–0,41 мг/(м·ч·Па) при плотности 40–120 кг/м³.

Натурные испытания утеплителя в ограждающих конструкциях подтвердили эффективность применения материала из льняных очесов как теплоизоляционных плит для стен с устройством вентилируемой системы утепления, стенового ограждения деревянного каркасного дома и чердачного перекрытия.

Для обеспечения водостойкости жидкого стекла предлагается использовать добавки из смеси извести и гипса, а также гидроветрозащиту. Применение указанных добавок и данного конструктивное решение снижает сорбцию влаги теплоизоляционных плит из наружного воздуха. Введение добавок из извести и гипса и устройство гидроветрозащитной мембраны не вызовет существенных технологических затруднений и незначительно повлияет на стоимость материалов [4-6].

При налаживании выпуска плит из льняных очесов, разработанный утеплитель сможет составить конкуренцию теплоизоляционным материалам на волокнах растительного происхождения и минераловатным утеплителям.

Тростниковосоломённый утеплитель. Значительный интерес для стран центральной Европы представляет утеплитель на основе смеси измельченного тростника с соломой. При использовании в качестве связующего жидкого стекла или порошка канифоли, получен экологически чистый теплоизоляционный материал безопасный для окружающей среды и человека.

Проведенные исследования позволили получить тростниковосоломённые плиты, обладающие плотностью 139–144 кг/м³ и обеспечивающие коэффициент теплопроводности 0,047 – 0,048 Вт/(м·°С).

Использование жидкого стекла при введении измельченной соломы в количестве 50% от общей массы заполнителя позволяет получить жесткие тростниковосоломённые плиты плотностью 176 кг/м³ с показателем теплопроводности равным 0,053 Вт/(м·°С).

Также предложено технологическое решение, позволяющее снизить коэффициент теплопроводности тростниковосоломённого утеплителя до 0,048 Вт/(м·°С) при плотности 192 кг/м³. Данный показатель теплопроводности удалось получить благодаря: подобранных фракций и соотношения заполнителей из измельченного тростника и соломы; применения в качестве вяжущего порошка канифоли; разработанного технологического решения по способу введения порошка канифоли и обеспечения равномерного распределения вяжущего по поверхности заполнителя; разработанного режима сушки плит [7].

Строительные материалы из отходов хлопкового производства. Существенным резервом в производстве местных теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных материалов для стран центральной Азии являются отходы хлопкового производства. В качестве структурообразующего материала для теплоизоляционных плит могут использоваться отходы волокна хлопка.

Отходы волокна хлопка в виде структурообразующего материала при средней плотности 50–60 кг/м³ имеют коэффициент теплопроводности, равный 0,037 Вт/(м·°С). При введении модифицированного жидкого стекла наименьший показатель теплопроводности 0,039 Вт/(м·°С) соответствует плотности теплоизоляционных плит 58–69,6 кг/м³ в сухом состоянии. В условиях относительной влажности воздуха 60–70 % влажность утеплителя равна 11–12 %, а коэффициент теплопроводности находится в пределах 0,043–0,045 Вт/(м·°С).

Для изготовления конструкционно-теплоизоляционных материалов могут быть использованы дробленые стебли хлопчатника (рис. 14). Размеры фракций дробленых стеблей по длине соответствуют: мелкая не более 10 мм; средняя 15–20 мм; крупная 25–30 мм. Оптимальное соотношение фракций в композиции заполнителя составляет 1:1:1, что позволяет снизить пустотности каркаса заполнителя до 10 %.

Наилучшие физико-механические характеристики стенового материала достигаются на составе с расходом: цемента – 300 кг, извести – 50 кг и заполнителя – 252 кг на 1 м³ стенового материала. При этом плотность стеновых блоков равна 602 кг/м³, прочность при сжатии достигает 2,3 МПа, а коэффициент теплопроводности составляет 0,122 Вт/(м·°C) в сухом состоянии. В условиях эксплуатации зданий влажность блоков не превысит 12,1%, а максимальный коэффициент теплопроводности при этом будет находится на уровне 0,156 Вт/(м·°C) [8].

Утеплитель на основе мха сфагнума. Природный антисептик – мох сфагнум в работе [9] рассматривается как основной компонент структурообразующего утеплителя (рис. 15). Натриевое жидкое стекло применяется в виде связующего. При плотности 155–170 кг/м³ материал обладает теплопроводностью 0,034–0,04 Вт/(м·°C). Значительные усадочные деформации плит в процессе сушки является основным недостатком данного утеплителя.

При замене 20–30% мха дроблёной соломой данная проблема устраняется без существенного увеличения коэффициента теплопроводности [10]. Кроме того, введение ржаной соломы позволяет сократить расход мха сфагнума как ценного природного материала на 20...30% при производстве экологически безопасных эффективных теплоизоляционных плит.

Массовое строительство экодомов, создание экопоселений – один из перспективных путей развития будущего человечества, а также эффективное средство решения многих экологических проблем, стоящих перед землянами. При эксплуатации дома человек своей жизнедеятельностью должен способствовать восстановлению экологии и гармонизации окружающего его жизненного пространства. Для указанных целей отлично подойдут представленные в статье материалы, отвечающие всем требованиям по экологической безопасности для строительства «экодомов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологичный дом: комфортная жизнь в гармонии с природой [Электронный ресурс] / сайт storkottedj – Режим доступа: <https://www.stroy-kotedj.ru/blog/ekologichnyy-dom/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
2. Из чего строить экодом: 11 проверенных строительных материалов [Электронный ресурс] / сайт Inmyroom – Режим доступа: <https://www.inmyroom.ru/posts/12673-iz-chego-stroit-ehkodom-10-proverennyh-stroitelnyh-materialov/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
3. Бакатович, А.А. Стеновые материалы на основе соломы и костры льна с высокими теплоизоляционными свойствами / А.А. Бакатович, Н.В. Давыденко, А.В. Долгонок // Вестн. Полоц. Гос. ун-та. Сер. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 28–32;
4. Romanovskiy, S Influence of the Fibrous Structure on the Physical and Mechanical Characteristics of Insulating Slabs from Flax Noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science» – 2017. – vol. 20. – P. 10–16;
5. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Full-scale study of flax fiber-based thermal insulating slabs on the atticfloor // Sustainability and Automation in Smart Constructions. Proceedings of the International Conference on Automation Innovation in Construction (CIAC 2019). Leiria, Portugal, pp. 271 – 278, Springer. doi:10.1007/978-3-030-35533-3_3;
6. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Physical parameters of insulation with a structure-forming material from flax noils // E3S Web of Conferences 212, 02014 (2020), 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) : doi.org/10.1051/e3sconf/202021202014;
7. Болтрушевич, Н.А. Изоляционные материалы, содержащие заполнитель на основе тростника и соломы: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / Н.А. Болтрушевич. – Новополоцк, 2020. – 54 с.;
8. Розыев, М.А. Конструкционные и теплоизоляционные материалы с использованием в качестве заполнителей отходов хлопкового производства: дисс. ... маг. техн. наук: 1-70 80 01 / М.А. Розыев. – Новополоцк, 2020. – 45 с.;
9. Бакатович, А.А. Микроструктура как основной критерий, определяющий использование мха сфагнума в качестве заполнителя для эффективного плитного теплоизоляционного материала // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. 2017. № 8. С. 42–46;
10. Becerra C., Montory J. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. 2016. Pp. 46–50.

УДК 691

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ**А. В. БЕЛОУСОВ, Г. О. ЦИПАН***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. ПАРФЕНОВА)*

В статье представлен краткий обзор существующих способов повышения водостойкости гипсовых вяжущих. Приведены данные, свидетельствующие о повышении водостойкости при использовании композиционных вяжущих с активными гидравлическими добавками, суперпластификаторами, гидрофобизаторами на кремнеорганической основе.

В строительстве различают две группы минеральных вяжущих: воздушные и гидравлические. К представителям группы воздушных вяжущих относится гипсовое вяжущее. Одним из факторов, сдерживающим широкое применение гипсовых вяжущих для производства конструкционно-теплоизоляционных и теплоизоляционных материалов, является низкая водостойкость, которая связана с растворимостью двуводного гипса в воде, а также значительной пористостью гипсового камня. В связи с этим, обобщение и анализ существующих способов повышения водостойкости гипсовых вяжущих представляет научный и практический интерес.

Большой вклад в изучение водостойкости гипсовых вяжущих внес Волженский А.В. Были созданы гипсоцементнопуццолановые (ГЦПВ) и гипсошлакопуццолановое вяжущие [1]. Позже в Уральском политехническом институте было разработано гипсоизвестковошлаковое вяжущее. На следующем этапе развития этого научного направления были разработаны [2] водостойкие композиционные гипсовые вяжущие, достигнутые значения коэффициента размягчения составили 0,87-0,88. В настоящее время улучшение свойств композиционных гипсовых вяжущих продолжает совершенствоваться путем использования, кроме портландцемента, комплексных активных добавок, сочетающих как пуццоланические, так и водоредуцирующие свойства [3]. Сочетание гипсового вяжущего с гидравлическими компонентами приводит к повышению водостойкости за счет уменьшения растворимости в воде сульфата кальция и создания условий образования нерастворимых соединений, защищающих дигидрат сульфата кальция [3].

К настоящему времени по данному направлению достигнуты следующие результаты. В работе [4] получено смешанное трёхкомпонентное вяжущие, в котором в полуводный гипс вводится портландцемент в количестве 15-30 % (и более) совместно с активными гидравлическими добавками. Отмечается [4], что данные вяжущие вещества имеют быстрый период схватывания и начального твердения полуводного гипса, а также способны к гидравлическому твердению во влажной среде. Экспериментально подтверждено, что вяжущее содержащее 50-70% гипса, 20-25% цемента и 15-30% гидравлической добавки, обладает значительной водостойкостью, прочностью (через 1-7 сут.) и способно к гидравлическому твердению при длительных сроках (до 1-2 лет и более) [4].

Применение гидравлических добавок (трепелов, белой сажи и др.) положительно влияет на свойства гипсовых вяжущих. В частности, в работе [5] отмечается, что водостойкость вяжущего, которая характеризуется отношением прочности при сжатии водонасыщенных образцов к прочности высушенных, увеличивается с 0,60 до 0,80 и выше. При этом активные минеральные добавки должны обладать развитой поверхностью и быть реологически совместимыми с современными, высокоэффективными пластификаторами (разжижителями).

Эффективным способом является применением в качестве добавки негашённой извести 3-го сорта. На основе разработанного композиционного гипсового вяжущего получена штукатурная гипсовая сухая смесь повышенной водостойкости [5]. Быстротвердеющие водостойкие комплексные вяжущие повышенной прочности – марки М 300 и более получены путем применения высокопрочного гипсового вяжущего или ангидритового цемента, вместо обычного гипсового вяжущего [5].

Отдельным направлением повышения водостойкости гипсовых вяжущих является снижение пористости материала с одновременным закрытием пор для предотвращения доступа воды внутрь материала [56]. Снижению пористости затвердевшего гипсового камня способствует грамотный подбор гранулометрического состава заполнителей и наполнителей. Более плотная структура материала достигается и при использовании суперпластификаторов и пеногасителей. Использование гидрофобизирующих добавок и редуцируемых порошков сополимеров винилацетата и акрилата препятствует распространению воды через поры гипсового камня. В качестве добавок производители чаще всего используют вещества, имеющие общий ион с сульфатом кальция [6].

Составы на основе модифицированных гипсовых вяжущих обладают достаточной водостойкостью и хорошими прочностными характеристиками, ранее присущими только материалам на основе порт-

ландцемента [7]. Использование специально обработанных и оптимизированных по составу модификаторов гипсовых вяжущих серии МГ, разработанных в лаборатории «Новых строительных материалов и технологий» позволяет добиться повышения прочности и водостойкости. Модификатор гипса МГ (ТУ 5745-007-31852814-2005), представляет собой однородную смесь компонентов – гипсового вяжущего, заполнителя, модификатора гипса, органических и минеральных добавок, дозированных и перемешанных на предприятии-изготовителе.

Существует два типа гидрофобизации гипса – поверхностная и объемная. В первом случае обрабатывается уже готовое изделие, во втором – кремнеорганические добавки вводятся в воду затворения при приготовлении смеси на основе гипсового вяжущего.

Широко известны гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости в виде водных растворов алкилсиликонатов щелочных металлов. После гидролиза алкилгидридполисилоксанов обычно происходит образование гидрофобных алкилгидридполисилоксановых сеток. Основным недостатком алкилгидридполисилоксанов при их индивидуальном использовании в качестве гидрофобизаторов является то, что при некоторых рабочих условиях, а именно при повышенной температуре (начиная приблизительно со 120оС), эти соединения могут частично превращаться в кремнеземную пыль, которая в силу своей порошкообразности может создавать помеху для работы средств транспортирования. С другой стороны, в зависимости от значения рН штукатурки, при использовании в качестве гидрофобизатора алкилгидридполисилоксанов может иметь место более или менее сильное выделение водорода, что создает проблемы безопасности и качества производства [8].

Перечисленные недостатки отсутствуют при использовании комплексного гидрофобизатора, содержащего алкилгидридполисилоксан, гидроколлоид, полисахарид и камедь [9], комплексной добавки для гидрофобизации гипса, включающей кремнийорганическую жидкость (метилсиликонат натрия), воду, гексафторсиликат натрия, хлорид алюминия [10]. Инновационной разработкой в области гипсовых строительных составов является порошковый гидрофобизатор на кремнийорганической основе, запатентованный в Германии компанией WACKER специально для гипсовых смесей SILRES Powder G. Гидрофобизатор обладает свойствами, позволяющими добиться существенного снижения водопоглощения гипсового материала при минимальных дозировках. Исследование составов сухих строительных смесей для заполнителя швов, гипсовых штукатурок, стяжки пола, модифицированных SILRES Powder G, показало, что гидрофобная добавка эффективна при любом уровне рН, которое обычно отличается в составах на основе гипса, и эффективность не снижается при увеличении количества наполнителя в составах. Хорошие водоотталкивающие свойства достигаются при добавлении от 0,1% по массе порошкового гидрофобизатора к сухому гипсу. Точное количество зависит от типа используемого гипса и количества добавляемой воды. Для большинства составов сухих строительных смесей на основе гипса концентрации добавки около 0,2% достаточно для снижения значений водопоглощения до менее 5% [11].

Для поверхностной гидрофобизации пригодны Пента-814, Пента-824, Софэксил 30-04М, Софэксил 40-К, АМСР-3, Гамбит гипс, Гидрофоб, Неогард гипс 02. Для объемной гидрофобизации пригодны Неогард гипс 02, АМСР-3, Пента-814, Софэксил 30-04М. Гидрофобизатор Софэксил-40К используется для объемной гидрофобизации при производстве гипсоволокнистых плит на российских заводах германской фирмы KNAUF. Оказалось, что он может заменить зарубежные гидрофобизаторы BS-15, 51T, SK, N/m, фирм WACKER, RON POULENK, SK, N/M [8].

В целом, существует несколько методов обработки строительных материалов кремнеорганическими соединениями [12, 13]: поверхностная обработка парами летучих кремнеорганических соединений; покрытие поверхности жидкими кремнеорганическими соединениями; пропитка пористых материалов, изделий из них жидкими кремнеорганическими соединениями; введение кремнеорганических соединений в исходные массы; комбинированные методы обработки.

Научные и практические разработки [1-13] показывают, что повышение водостойкости гипсового вяжущего может быть достигнуто следующими способами:

1. применением комплексных вяжущих на основе гипса, портландцемента и активных гидравлических добавок;
2. подбором гранулометрического состава заполнителей и наполнителей, обеспечивающим наименьшую пористость;
3. введением в составы на основе гипсового вяжущего суперпластификаторов и гидрофобизирующих добавок;
4. обработка гипсовых изделий кремнеорганическими веществами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.

2. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 488 с.
3. Сагдатуллин, Д. Г. Высокопрочное гипсоцементнопуццолановое вяжущее : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Д. Г. Сагдатуллин; Казанский гос. Архитектур.-строит. ун-т. – Казань. 2010. – 22с.
4. Потапова, Е. Н. Повышение водостойкости гипсового вяжущего / Е.Н. Потапова, И.В. Исаева // Строительные материалы. – 2012. – № 7. – С. 19–21.
5. Кавардаков, В.Н. Способы повышения прочности и водостойкости композиционных гипсовых смесей / В.Н. Кавардаков // Актуальные исследования. – 2020. – № 8. – С. 33–37.
6. Чернышева, Н.В. Свойства и применение быстротвердеющих композитов на основе гипсовых вяжущих/ Н.В. Чернышева, Д.А. Дребезгов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – №5. – С. 125–133.
7. Пустовгар, А.П. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях / А.П. Пустовгар, А.Ф. Бурьянов, П.Г. Василик // Строительные материалы. – 2010. – № 12. С. 62–65.
8. Войтович, В.А. Гидрофобизация строительных конструкций и изделий: учеб.-метод. пособие / В.А. Войтович, И.Н. Хряпченкова; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т;– Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 45 с.
9. Способ гидрофобизации штукатурки: пат. RU 2199500С2 / Франзони Кристин, Губе Сандрин, Пра Эвелин, Роше Лоран, Сари Мюстафа. – Оpubл. 27.08.2002
10. Комплексная добавка для гидрофобизации гипса: пат. RU 2305667С1 /И.В.Розенкова, М.В.Борисова. – Оpubл. 10.09.2007.
11. SILRES® BS Powder S: A new water-repellent agent for gypsum-based dry-mix mortars [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.globalgypsum.com/magazine/articles/676-silresr-bs-powder-s-a-new-water-repellent-agent-for-gypsum-based-dry-mix-mortars>. – Date of access: 29.07.2013
12. Булычев, Г.Г. Смешанные гипсы. Производство и применение / Г.Г. Булычев. – М.: Издательство АСВ, 1992. – 132 с.
13. Демченко, Е. Г. Беломеря, Н. И. Анализ возможных путей повышения свойств гипсовых вяжущих / Е. Г. Демченко, Н. И. Беломеря // Сборник докладов XXIV всеукраинской научной конференции аспирантов и студентов. – Донецк, ДонНТУ. – 2014, Том 2. – С. 163–165.

УДК 691

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ СОСТАВЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ И ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ****А. В. БЕЛОУСОВ, Г. О. ЦИПАН***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. ПАРФЕНОВА)*

В статье представлены результаты патентно-информационного поиска ресурсосберегающих составов сырьевых смесей для получения модифицированных гипсовых композитов. Приведено описание технологий производства газогипсовых изделий, отличающихся снижением расхода энергоресурсов и позволяющих получить изделия с равномерной пористой структурой, повышенными физико-механическими характеристиками.

Расширение номенклатуры эффективных материалов, производство которых основано на бережном отношении к материальным и топливно-энергетическим ресурсам, максимальном вовлечении местных ресурсов и техногенных отходов актуально для отечественной промышленности гипса. В Беларуси гипс не добывается, его импортируют в значительных объемах. Гипсовое сырье ввозится в Беларусь в основном из Молдовы и России, более 70% гипсовых штукатурок поставляются на внутренний рынок из Польши и Латвии [1]. В этой связи проведены теоретические исследования, направленные на систематизацию и анализ составов гипсовых вяжущих и технологий производства, обеспечивающих энергоэффективность и малую ресурсоемкость, а также экологичность и безопасность получаемых материалов.

При отсутствии собственной сырьевой базы становится выгодным производство материалов на основе гипсового вяжущего из отходов. Исследования Петропавловской В.Б. [2] посвящены разработке безобжиговых гипсовых композитов на основе двуводного гипса представленных отходами керамических и фаянсовых производств. Отмечается, что получаемый полуводный гипс имеет очень высокую водопотребность и низкую прочность. Использование в составе композиционных вяжущих двуводного гипса позволяет снизить затраты энергии по сравнению с применением полуводного гипса, для получения которого необходима операция обжига исходного сырья. Однако при использовании двуводного гипса возникает проблема подбора компонентов композиционных вяжущих и соответствующих технологических операций, обеспечивающих необходимые физико-технические свойства строительных материалов.

В работе [2] теоретически обосновано и экспериментально подтверждено использование двуводного гипса в виде отходов различных отраслей промышленности для направленного синтеза эффективных строительных композитов с высокими физико-механическими характеристиками. Получены составы сырьевых смесей для изготовления гиперпрессованных облицовочных и стеновых материалов по энергосберегающей технологии. Разработанная сырьевая смесь [3] для получения модифицированных гипсовых композитов включает измельченный техногенный двуводный гипс в виде отработанных форм фаянсового производства, в качестве извести и воды - насыщенный раствор гашеной извести, а в качестве техногенного двуводного гипса используется бинарная смесь порошков с удельными поверхностями 200-300 м²/кг и 800-900 м²/кг. Повышение прочности гипсового композита достигается за счет введения в состав сырьевой смеси комплексной модифицирующей добавки в составе микрокальцита, поликарбоната и шлакопортландцемента. Сырьевая смесь для получения модифицированных гипсовых композитов обеспечивает прочность 38,6 МПа, коэффициент размягчения – 0,45.

В работе [4] предложены составы для газогипсовых материалов с использованием отхода производства плавиковой кислоты кислый – фторангидрита. Фторангидрит до стадии нейтрализации содержит на зернах до 16 % серной кислоты, что позволило авторам исследований [4] сделать предположение о возможности его использования в качестве компонента газообразования и носителя кислоты. Подбор компонентов для получения поризованного стенового материала осуществлялся исходя из соотношения порообразующих веществ (фторангидрит : карбонатная мука), которые варьировались таким образом, что показатель рН смеси составлял 5–8. Расчет компонентов осуществлялся при условии максимального количества выделяемого углекислого газа, а оптимальное соотношение компонентов при изготовлении стенового материала было получено экспериментальным путем по критерию достижения высоких прочностных и теплоизоляционных показателей изделия. При проведении исследований использовалось гипсовое тесто стандартной консистенции (0,45) с добавкой замедлителя сроков схватывания – лимонной кислоты в количестве 2 % от массы строительного гипса.

В качестве дополнительных газообразующих компонентов использованы: жидкое стекло, карбонат натрия и 25%-я водная дисперсия нановолокна оксида алюминия, стабилизированная 0,5%-м гидрок-

сидом натрия. Высокая прочность материала обеспечивается гидратацией гипсового вяжущего и фторангидрита с образующимся в результате реакции активатором твердения, а достаточные теплоизоляционные свойства – за счет пористости изделия, полученной путем выделения водорода при взаимодействии кислого фторангидрита и дисперсии нановолокна оксида алюминия, сопровождающегося процессом порообразования [4].

Разработанная [4] технология изготовления газогипсового материала включает в себя следующие этапы: предварительное дозирование исходных компонентов: фторангидрита, жидкого стекла, стабилизированной дисперсии нановолокна оксида алюминия, раствора карбоната натрия; перемешивание указанных компонентов в типовом смесителе с водой в течение 1–2 мин; совместное перемешивание со строительным гипсом; заливку готовой смеси бетоноукладчиком в разъемные формы согласно размерам требуемого изделия; твердение в камерах при температуре 40–60 °С в течение 24 ч.

В диссертационной работе [5] в качестве добавок в полуводный гипс использовался биокремнезем – тонкодисперсный диоксид кремния биогенного происхождения, а также карбидный ил, который представляет собой промышленный отход получаемый в ацетиленовых генераторах при разложении карбида кальция CaC_2 водой при производстве ацетилена. Изучались свойства многокомпонентных гипсовых вяжущих, следующих составов: 80% – гипсовое вяжущее, 20% – илистокремнеземистая добавка на основе микрокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 1,1); 80% – гипсовое вяжущее, 20% – илистокремнеземистая добавка на основе биокремнезема и карбидного ила (соотношение $\text{SiO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,6). Авторами исследований [6], установлено оптимальное соотношение между микрокремнеземом и карбидным илом в составе илистокремнеземистой добавки, которое составило 1–1,2, а между биокремнеземом и карбидным илом 0,5–0,7, при этом оптимальная концентрация илистокремнеземистой добавки должна составлять от 20 до 30%.

Гайфуллин А.Р. в своей работе [7] исследовал эффективность введения в строительный гипс минеральной добавки, в состав которой входят молотая керамзитовая пыль и доменный шлак. Молотый гранулированный доменный шлак вводился в гипсовое вяжущее, следующего состава: 74,5% – строительный гипс; 20% – керамзитовая пыль КП-1 дисперсностью 500 м²/кг; 5% – известь и 0,5% – суперпластификатор СП-1. Приведенные данные показывают, что при введении 20% молотой керамзитовой пыли и 30% молотого гранулированного доменного шлака с такой же дисперсностью прочность гипсового камня выше до 2,5 раз. Также проведенные автором исследования показали эффективность введения в состав комплексного гипсового вяжущего добавки 5% извести и 20% керамзитовой пыли с тонкостью помола 500 м²/кг. Показатели прочности достигают значений 17,3 МПа, коэффициент размягчения Кр составляет 0,67. При введении 0,5–1,0% добавок суперпластификаторов MELMENT® F15G и Полипласт СП-1 прочность при сжатии повышается с 17,3 до 19,0–25,3 МПа, коэффициент размягчения с 0,67 до 0,68–0,78.

Простота и экономичность производства гипсовых вяжущих, наряду с современными технологическими разработками, показывает перспективность более широкого применения гипса при изготовлении ячеистых бетонов. В работе [8] предложена смесь для производства газогипса, содержащая следующие основные компоненты: полуводный гипс, серную кислоту, воду и опилки из древесины хвойных или лиственных пород 10% влажности с размером частиц от 1 до 5 мм. Серную кислоту вводят разбавленной до концентрации 45–50%. Опилки предварительно рассеивают по фракциям. Минерализацию древесных опилок осуществляют 50% раствором серной кислоты, для чего в пластмассовую емкость с находящимся в ней нужным количеством опилок вливают требуемое количество раствора серной кислоты и интенсивно перемешивают в течение 5 минут для получения равномерного насыщения опилочных частиц кислотой. Затем в подготовленное гипсовое вяжущее добавляют минерализованные серной кислотой опилки и перемешивают до приобретения гипсоопилочной смесью однородного состояния, после чего затворяют полученную смесь гипсового вяжущего и минерализованных опилок водой, перемешивают в течение 30 секунд и разливают полученную газогипсовую смесь по формам.

Отмечается [8], что процесс газообразования при производстве газогипса начинается сразу же после затворения гипсоопилочной смеси водой и продолжается в течение времени, соразмерного со временем начала схватывания гипсовой смеси, поэтому ко времени окончания процесса газообразования жидкая пенная газогипсовая смесь начинает твердеть и пузырьки выделяемого углекислого газа равномерно распределяются по всему объему газогипса. Выделение углекислого газа в гипсоопилочной смеси при затворении ее водой происходит в результате реакции раствора серной кислоты с карбонатными включениями, содержащимися в гипсовом вяжущем. Минерализованные серной кислотой опилочные частицы разных размеров несут в себе разное количество кислоты, что является причиной образования в жидкой гипсоопилочной смеси газовых пузырьков различных размеров. Таким образом, авторами изобретения [8] путем изменения количества и размера частиц древесных опилок регулировалось количество и размер газовых пор в материале газогипса, его прочностные и теплоизоляционные характеристики.

Березкиной Ю.В. [9] предложена отдельная технология приготовления газогипсовой смеси с использованием серной кислоты. Отличие технологии заключается в способе подачи серной кислоты в гипсовое вяжущее. Серную кислоту вводят с помощью древесно-опилочного «носителя» - опилки хвойных пород мелкой фракции с размером частиц менее 1 мм. При концентрации водного раствора серной кислоты от 20% до 30% получена равномерная пористая структура гипсового камня со сравнительно одинаковым диаметром пор.

В патенте SU1276645A1 [10] предложен состав сырьевой смеси для газогипса, включающий полуводный гипс, карбонатную, волокнистую, пластифицирующие добавки и воду. С целью уменьшения объемной массы и увеличения прочности, предложено приготовление осуществлять в два этапа: сначала смешивают 80-90 мас.% воды затворения с 80-90 мас. % пластифицирующей добавки, полуводным гипсом, карбонатной, волокнистой дабавками и затем в полученную смесь вводят при перемешивании оставшиеся количество воды затворения и пластифицирующей добавки с дополнительно введенной кислотной добавкой.

Одной из важнейших проблем современного строительства является возведение объектов с высокими энергосберегающими характеристиками. Нужны эффективные, долговечные, экологически безвредные и пожаробезопасные стеновые материалы ограждающих конструкций. Проведенный обзор, показывает, что этим требованиям в полной мере соответствуют гипсовые материалы. Снизить вес изделий позволяет создание ячеистой структуры гипсовых материалов. Для повышения рентабельности использования газогипсовых материалов в строительстве и регулирования свойств возможно применение вторичного сырья, являющегося отходами промышленного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Производство строительных материалов 2015: отчет ЗАО «Инвестиционная компания «ЮНИТЕР» [Электронный ресурс]/ Р.Осипов, М. Кохов, Д.Кириленко,2015 – 30 с. – Режим доступа: <https://uniter.by/upload/Construction%20materials%20industry.pdf> – Дата доступа: 12.09.2021
2. Петропавловская, В. Б. Безобжиговые гипсовые композиты с повышенными эксплуатационными свойствами: автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.16.09 / В.Б. Петропавловская; Моск. гос. строит. ун-т. – Тверь, 2019. – 34 с.
3. Сырьевая смесь для получения модифицированных гипсовых композитов: Патент RU 2539478/ Петропавловская В. Б., Полеонова Ю. Ю., Жуков Д. Е. – Оpub.: 20.01.2015
4. Аниканова, Л.А. Газогипсовые материалы с использованием вторичного сырья/Л.А. Аниканова, А.И. Курмангалиева, О.В. Волкова, Ю.М. Федорчук // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20. – № 6. – С. 126–137.
5. Козлов, Н.В. Гипсокерамзитобетон повышенной водостойкости:автореф. дис....канд.техн.наук: 05.23.05/ Н.В. Козлов;Моск. гос. строит. ун-т. – Москва, 2015. – 25 с.
6. Козлов, Н.В. Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости / Н.В. Козлов, А.И. Панченко, А.Ф. Бурьянов, В.Г. Соловьев // Строительные материалы. – 2014. – № 5. - С.72-75
7. Гаифуллин, А.Р. Композиционные гипсовые материалы с добавками керамзитовой пыли: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Р. Гаифуллин; Казан. гос. архитектур.-строит. Университет. – Казань, 2012. – 20 с.
8. Смесь для производства газогипса: Патент RU 2552238 / А.В.Веселов, А.Л. Кришан, – Оpubл.: 10.06.2015
9. Березника, Ю.В. Технологические особенности при производстве газогипса/Ю.В. Березника//Вестник БГТУ им. Шухова. –2011. –№ 4. – С.11-14
10. Способ приготовления сырьевой смеси для газогипса: Патент SU1276645A1 / П.П. Адомайтис,В.Б.Арончик,Е.В.Гирш,А.А.Екибаева,С.С.Михедко,Я.П.Озолс,В.И.Олейник,В.П. Панов, Л.Б. Цимерманис,А.В.Шафиров – Оpubл.: 15.12.1986

УДК 625.8

**НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ
В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ****Я. Д. ИГНАТЬЕВА***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. ПАРФЕНОВА)*

В статье приведен обзор направлений использования промышленных отходов в асфальтобетонных смесях. Рассмотрено применение в асфальтобетонных смесях асфальтогранулята, отходов черной и цветной металлургии, угольной промышленности, пластиковых отходов, отходов резины. Показаны существующие технологии переработки и использования отходов мягких кровельных материалов.

Программа энерго- и ресурсосбережения, действующая в строительной отрасли, направлена на утилизацию строительных отходов и создание соответствующих технологий и оборудования с возможностью переработки отходов в продукцию, пригодную для вторичного применения в строительстве.

Исследованиям, направленным на использование отходов производства в асфальтобетонных смесях, посвящены работы отечественных и зарубежных ученых. Широкое применение находят технологии, основанные на переработке старого асфальтобетона (асфальтогранулята). В работе [1] проведена оценка влияния количества асфальтогранулята в асфальтобетонной смеси на водо- и теплоустойчивость. Проведенные авторами работы [1] исследования показали, что использование асфальтогранулята для приготовления асфальтобетонных смесей эффективно и целесообразно, т.к. с одной стороны, позволяет получить значительную экономию дорожно-строительных материалов, а с другой стороны обеспечивает высокую водо- и теплоустойчивость асфальтобетонных смесей, приготовленных на его основе. Авторы работы [2] исследовали и разрабатывали состав органоминеральной смеси, содержащей в своем составе в качестве основного минерального материала асфальтогранулят, а в качестве органического вяжущего диспергированный вязкий битум, эмульгированный известьесодержащим отходом, обеспечивающим формирование конгломерата в дорожном покрытии. Итогом работы [2] стало расширение номенклатуры дорожно-строительных материалов для ямочного ремонта, особенно для регионов, не имеющих на своей территории качественных каменных месторождений.

Пугин К.Г., Юшков В.С. [3] предложили вводить в состав асфальтобетонной смеси отходы производства черной металлургии, что позволило при укладке дорожного полотна визуальнo разделить полосы движения на автомобильной дороге (горизонтальная разметка). Исследованиям цветного асфальтобетона также посвящены работы зарубежных ученых [4, 5], результатами которых являются технологии создания цветного асфальтобетона, который в свою очередь помогает снижать аварийность на автомобильных дорогах при плохой освещенности.

Инженеры индийской компании «KK Plactic Waste Management Ltd» запатентовали технологию использования пластиковых отходов при асфальтировании дорог [6]. Компания создала полимерную смесь «KK Poly Blend», которая замещает 8% битума в составе асфальтобетонной смеси и улучшает характеристики дорожного покрытия. Инженер компании «MacRebur» исследовал и запатентовал высокоэффективные добавки на основе переработанного пластика [7]. Добавки выпускаются в виде гранул и хлопьев, которые добавляются вместе с битумом при производстве покрытия.

Норвежской компании «VolkerWessels» принадлежит инновационная технология с использованием пластиковых отходов в составе асфальтобетонной смеси, заключающаяся в литье специальных пустотелых плит из полимера, которые потом укладываются на подушку из уплотненного песка. Полное пространство модулей можно использовать для прокладки инженерных коммуникаций. Основное преимущество технологии - вторичное использование пластиковых отходов и быстрый монтаж плит [8].

Значительное количество исследований посвящено улучшению свойств битумного вяжущего. Авторами работы [9] предложено модифицировать битум путем введения активированных органоминеральных добавок. Введение в битум активированного бурого угля повысило значение прочности при сжатии образцов в 2 раза, а водопоглощение образцов асфальтобетонов с модифицированным вяжущим в 2 раза ниже, чем у исходных образцов.

В работе Галдиной В.Д. [10] рассмотрено влияние полимерных добавок на свойства битума и асфальтобетона. Выполненная автором сравнительная оценка влияния полимерно-битумных вяжущих на свойства асфальтобетона выявила значительное улучшение их физико-механических свойств. В работе [10] отмечается, что асфальтобетон на комплексном полимерно-битумном вяжущем, включающим атактический полипропилен и дорожный деструктурированный каучук отличается высокими показателями тепло-, трещино- и водостойкости.

Авторами работы [11] проведены исследования по модификации нефтяных битумов полимерными материалами с целью улучшения качественных показателей получаемого дорожного вяжущего. В исследованиях [11] использованы отходы полиэтилена и темпоэластопласт ДСТ-30-01, а также адгезионная добавка «Амдор-10». Разработанный оптимальный состав комплексного модификатора обеспечил увеличение прочности, водостойкости и снижение показателя водонасыщения.

Авторами исследований [12] разработана технология получения органического вяжущего с использованием продуктов термической переработки биомассы дерева. Отмечается, что содержащиеся в данных соединениях функциональные гидроксильные, метоксильные, карбонильные и карбоксильные группы потенциально увеличивают адгезию битумов к каменным материалам за счёт физико-химического взаимодействия с основными группами карбонатных пород минеральной части асфальтобетона. Исследованиями показано, что все образцы с добавкой пиролизной жидкости в качестве модификатора битумного вяжущего до 30% имеют более высокую адгезионную прочность, чем контрольные образцы.

Многочисленными исследованиями доказана эффективность применения в асфальтобетонных смесях эластомеров – дробленой резины, порошкового каучука, а также низкомолекулярных каучуков (олигомеров). Авторами работы [13] выполнен анализ модификаций битума с полиэтиленовыми отходами. Отмечается, что для модификации свойств дорожных битумов должны использоваться полимеры, способные совмещаться с нефтяным битумом при повышенной температуре за минимальный период времени. Показано, что мелкая резиновая крошка используется для получения резинобитумного вяжущего. Вяжущее готовят путем термомеханической обработки смеси битума с резиновой крошкой и наполнителем. В процессе такой обработки происходит девулканизация каучука, содержащегося в резине, и модификация им битума.

В ходе сравнительного анализа физико-механических свойств традиционного щебеночно-мастичного асфальтобетона и щебеночно-мастичного асфальтобетона модифицированного резиновой крошкой из утилизированных шин «КМА» Колтек, выполненного в работе [14] было установлено, что введение резиновой крошки в щебеночно-мастичный асфальтобетон позволяет повысить показатели предела прочности на сжатие при 20 и 50°C, предела прочности на растяжение при расколе при 0 °C, сцепления при сдвиге, усталостной прочности и водостойкости, снизить показатель водонасыщения. Выявлено, что оптимальное содержание добавки резиновой крошки в составе щебеночно-мастичного асфальтобетона составляет 1 %. Повышения качества и увеличения сроков службы дорожных покрытий автомобильной дороги можно добиться за счет введения на этапе приготовления в состав щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси модифицирующей добавки – резиновой крошки.

На основе отходов шинной резины и специальной ультразвуковой технологии разработано универсальное высококачественное нанополимерное вяжущее [15]. Разработанное вяжущее рекомендуется для использования не только в дорожном строительстве, но и в качестве основы для получения высококачественных кровельных и изоляционных материалов. Рассматривается введение резиновой крошки непосредственно во время приготовления асфальтобетонной смеси в смеситель (сухой способ) [15]. Способ менее затратный, т.к. в качестве дополнительного оборудования требуется только дозатор. Введение резиновой крошки положительно сказывается на показателе водонасыщения образцов асфальтобетона, повышается предел прочности на растяжении, повышается трещиностойкость.

В работе [16] рассматривались вопросы применения отходов промышленности в качестве минерального порошка в асфальтобетоне. В статье представлены результаты исследований порошкообразных отходов, образующихся при производстве цветных металлов – «кеков» и известняковой муки. Полученный асфальтобетон на «кеках» превосходит по показателям прочности при 20, 50, 0°C и водостойкости контрольные образцы.

В исследованиях [17] изучена возможность применения гальваноосадков (осадков сточных вод цеха гальванопокрытий ОАО «Ростельмаш») в асфальтобетонах. На основании результатов лабораторных испытаний авторы работы доказали возможность использования твердого осадка гальваносточков в качестве добавок при производстве асфальтобетона в количествах 7% от общей массы асфальтобетонной смеси без её ухудшения.

В работе [18] для модификации асфальтобетонной смеси использовался бой шифера. Бой шифера измельчался в порошок путем дробления на щековой и помола в шаровой мельнице. Результаты исследований показали, что оптимальное содержание битума в асфальтовом вяжущем с использованием асбестоцементного порошка ниже, чем с мраморным (5,5 % против 6,5% соответственно), что удешевляет стоимость получаемой асфальтобетонной смеси.

Использование горелой земли отхода литейного производства в качестве заменителя песка в асфальтобетонных смесях предложили авторы работы [19]. Результатами исследований стали улучшение показателя прочности при набухании и водонасыщения.

Для модификации асфальтобетонных смесей могут применяться отходы угольной промышленности. Авторы работы [20] изучили влияние на физико-механические свойства асфальтобетона связующего вещества, модифицированного добавкой диспергированного и активированного угля. По результатам исследований был выполнен экспериментальный участок асфальтобетонного покрытия следующей рецептуры : щебень 93 мас.% + битум (БНД 90/130) 7 мас.% + акт.уголь 10 мас.% от с.к. Исследования прочности экспериментального участка через 2 и 12 месяцев эксплуатации соответствовали требованиям ТНПА. Анализ значений модулей упругости показал, что среднее значение модуля упругости асфальтобетона с модифицированным связующим больше значения модуля упругости асфальтобетона с исходным связующим на 22,3%. Средняя прочность дорожной одежды на участке с модифицированным асфальтобетоном через 1 год эксплуатации на 9,9 % превышает среднюю прочность обычной дорожной одежды.

Начиная с 1960 года, на зданиях и сооружениях устраивались типовые плоские крыши с битумными кровлями, объем которых составляет 75-80 процентов от общего объема всех возведенных крыш. Исследования в области переработки кровельных битумных отходов были начаты еще в 1980-е годы отечественными и зарубежными учеными. Для возможности использования отходов в качестве вторичного сырья, первоначально исследователями решалась задача, направленная на определение технологических параметров измельчения кровельных битумных отходов.

Авторы работы [21] рассматривали возможность использования отходов мягких кровельных материалов бывших в употреблении и отходов производства кровельных материалов. Установлено, что отходы производства кровельных материалов предпочтительнее отходов бывших в употреблении, в первую очередь потому, что отходы производства содержат менее загрязняющих веществ [22], а также асфальтобетонная смесь с добавлением этих отходов менее окислена [23]. Данные отходы требуют только измельчения с минимальной сортировкой, проверкой, тестированием или отделением нежелательных материалов или без них. Отходы кровли бывшие в употреблении содержат асбест, металл, дерево, пластик, песок, мусор и т.д.

Основной технологией переработки кровельных битумных отходов для дальнейшего их использования в горячих асфальтобетонных смесях в работе [21] является измельчение отходов на куски размером менее 13 мм с помощью «shredding machine» (машина для переработки обрезков), роторного измельчителя или высокоскоростной молотковой мельницы. Отмечается [24], что каждый производитель подобных машин использует свою уникальную комбинацию материалов (обработка и окончательные размеры получаемого продукта). Размер кровельных отходов является ключевым и определяет пригодность продукции для различных применений. Например, частицы большего размера (около 10 см) загружаются в бункер, подающим барабаном поступают в камеру измельчения, которая включает в себя режущие зубья, калибровочные сита и выходной конвейер. В данной конструкции зачастую применяется магнит на головке шкива на конце выходного конвейера для удаления гвоздей и других черных металлов. После получения переработанных отходов с помощью штабелеукладчика или погрузчика итоговый продукт укладывается в штабеля. Чтобы предотвратить агломерацию требуется понизить температуру продукта. Этого можно достичь двумя способами: во время измельчения отходы кровельных материалов пропускают через оборудование только один раз, для того, чтобы уменьшить нагрев, или же переработанные отходы кровельных материалов охлаждают с помощью разбрызгивания на них воды. Однако применение воды нежелательно, т.к. обрабатываемый материал становится достаточно влажным и должен быть высушен перед применением (что требует дополнительных затрат) [25].

Хранение переработанных кровельных отходов обычно выполняется аналогично хранению асфальтогранулята. Запасы переработанного рубероида должны быть закрыты. В работе [23] отмечается, что во время хранения на складе измельченные отходы кровли могут агломерировать. Значительная агломерация требует повторной обработки или повторных испытаний перед введением отходов во вторичное производство. Чтобы решить эту проблему, переработанные отходы кровельных материалов можно смешать с небольшим количеством сеянного песка, чтобы предотвратить слипание частиц.

Исследования в области переработки кровельных битумных отходов для вторичного их использования в строительном производстве в Республике Беларусь были начаты в 1985 году специалистами Брестского инженерно-строительного института (БИСИ, БрПИ, ныне БрГТУ) и Осиповичского картоно-рубероидного завода (Беларусь).

Попытка выплавки битума из технологических рубероидных отходов оказалась трудоемкой, связанной с постоянным ворошением в плавильных котлах горячих кусков рубероида. При этом не решался вопрос переработки основы рубероида (картона), а это до 25 % от общего объема перерабатываемых отходов битумных кровель, которые отправлялись на свалки. Стоимость одной тонны выплавленного битума из отходов рубероида оказывалась почти в 2 раза выше стоимости аналогичного объема кондиционного битума [26], [27].

Рубероидные отходы на картонной основе представляют собой вязкую с волокнистыми и минеральными наполнителями мелкодисперсную структуру, которая не поддается мельничному дроблению на традиционных агрегатах. Это происходит прежде всего из-за адгезионной связи вязкого битума с металлическими энергообменниками дробилок, затрудняющей процесс механического измельчения отходов кровельных материалов. Для нарушения адгезии или «прилипания» битума к энергообменным устройствам в БрГТУ был разработан макетный образец измельчителя, где использовалась вода, обладающая антиадгезионными свойствами к битуму. Гравитационное обогащение отходов рубероида в водной среде измельчителя происходило с дроблением и разделением по плотности измельчаемых рубероидных отходов на мелкодисперсную гидромассу. Такая битуминозная гидромасса может использоваться как вяжущее и как наполнитель для производства теплоизоляционных материалов [26], [27]. Проведенные исследования технологии измельчения отходов рубероида в воде с последующим применением гидромассы в новых теплоизоляционных материалах подтвердили принципиальную возможность механической переработки и вторичного применения кровельных битумных отходов в производстве. Однако битуминозная гидромасса не обладает технологичностью, требует энергоемкого оборудования по удалению воды из смеси, обладает сезонностью и ограниченной областью применения.

Между тем принцип измельчения тяжелых вязких битумных кусков в гравитационной водной среде послужил подсказкой и идеей измельчать отходы во взвешенном сухом состоянии. Поэтому был создан высокоскоростной мельничный агрегат с постоянно изменяющимся внутренним рециклом в размольной емкости, позволяющим в гравитационной среде измельчать битумные отходы и битумы твердых марок в порошок.

Необходимо отметить, что переработка вязких битумных, в частности, кровельных отходов представляет собой сложную технологическую задачу. Традиционный ручной способ разборки старых рулонных кровельных ковров на основе армирующих картона и стеклоткани с помощью топоров и лопат является непроизводительным и утомительным для кровельщиков. Для повышения культуры производства, производительности и облегчения труда кровельщиков в БрГТУ было разработано и изготовлено пять универсальных моделей машин МРК 1–5 для резки кровельных ковров и разборки неармированных цементных и асфальтовых покрытий.

В заводском исполнении было изготовлено более 100 машин модели МРК 1–5 с реализацией их в Беларуси, России, Украине и других странах. Машинный способ разборки рулонных кровельных ковров позволяет повысить культуру производства и производительность кровельщиков более чем в 8 раз. При этом резко снижается физическая нагрузка оператора, поскольку осуществляется самоперемещение машин в работе с аккуратной нарезкой кровельных отходов в виде мелких пластин. Куски и пластины кровельных отходов с покрытия на землю транспортируются по рукавному трубопроводу (А. с. СССР 1742169). Рукав состоит из системы легких металлических или пластмассовых сборных труб, объединенных между собой гибкими связями. Несложный и быстрый монтаж и демонтаж такого рукавного трубопровода позволяет осуществлять вертикальную транспортировку сыпучих материалов с высотной отметки более 30 м. При этом резко повышается производительность транспортировки, сокращаются энергозатраты и не наносится ущерб экологии.

Считалось, что вязкие битумные материалы вообще не поддаются мельничному измельчению на известных агрегатах. Специалисты БрГТУ разработали гидроизмельчитель и провели опытные производственные проверки в 1985 году на Осиповичском картонно-рубероидном заводе (Беларусь). При создании машин ориентировались на малогабаритные и мобильные варианты их применения непосредственно в черте города. Они могут использоваться на строительных площадках или в передвижных мобильных пунктах по переработке битумных отходов. В рабочем состоянии машины не выделяют вредные выбросы в атмосферу и удовлетворяют всем требованиям экологической безопасности. Порошок после измельчения кровельных битумных отходов (далее – КБО) на машинах выходит неоднородной фракции. В производстве как вяжущий материал применяют порошок фракции до 5 мм. Поэтому после измельчения для получения битумного порошка нужной фракции он просеивается через систему сит на виброгрохоте. На основе исследований, математического моделирования и анализа конструктивных и эксплуатационных характеристик разработанных машин были созданы 4 модели измельчителей ИСБ 1–4 и 2-х виброгрохотов. После классификации на виброгрохоте порошок фракции до 5 мм размещают в герметичных мешках и отправляют на склад, а оставшуюся на ситах крупную фракцию порошка из КБО снова загружают в машину на доизмельчение. Причем крупная фракция (крупнее 10 мм) порошка, содержащего картонную основу рубероида, может быть использована как добавка для обогащения и повышения теплотворной способности местного древесного топлива в котельных. Таким образом, осуществляется 100 % переработка КБО.

В настоящее время используются следующие основные методы и технологии использования отходов битумных кровельных материалов:

1. переработка методом измельчения в порошок (гранулы) для дальнейшего использования (ВИР-технология);
2. термическая безогневая обработка отходов рубероида с получением жидкого битума;
3. производство на основе выделенного битума различных битумных композиций (битумных праймеров, мастик, битумно-полимерных мастик, битумно-латексных эмульсий и т.д.);
4. производство ремонтных кровельных материалов;
5. применение битума в качестве сырья в пиролизных процессах;
6. применение отходов рубероида в горячих асфальтобетонных смесях.

ВИР-технология является самой молодой технологией переработки и использования кровельных битумных отходов во вторичном производстве. Автором и изобретателем ВИР-технологии (способ) [28], [29], ВИР-оборудования (устройство) [30], [31], [32], [33] и ВИР-пласта (вещество) [34] является Тен Валерий Петрович.

Изготовителем ВИР-оборудования является ООО «Севастопольское Предприятие «ЭКОТЕХ». Исключительное право на Торговый Знак ВИР-технология принадлежит: ООО «ВИР-технология». ВИР-технология – это способ вторичного использования рубероида (ВИР). Технология ВИР предусматривает под собой снятие и измельчение старого кровельного пирога, выпаривание из него воды, модификацию и пластификацию входящего в состав старой кровли битума, полную гомогенизацию всех составных компонентов (все это делается с помощью ВИР-оборудования), а также укладку и выравнивание полученной горячей рубероидной массы, которая после застывания и есть материал ВИР-пласт. ВИР-пласт представляет собой измельченное, гомогенизированное, модифицированное и пластифицированное гидроизоляционное вещество, полученное способом вторичного использования рубероида при помощи специальных устройств (ВИР-оборудования) для его приготовления.

Практиковалась и термическая выплавка битума из кровельных материалов. Этот метод оказался энергозатратным, трудоемким и требовал изготовления громоздкого, металлоемкого и сложного технологического оборудования. Исходя из этого наиболее предпочтительным методом переработки является механическое измельчение в порошок.

Применение битумных порошков в производстве ремонтных кровельных материалов позволяет принципиально изменить существующую традиционную технологию реконструкции совмещенной крыши на новую. Принцип рассматриваемой технологии, представлен в статье [35] и заключается в следующем:

1. старые слои кровельного ковра разбирают машиной МРК, а стяжку очищают от пыли и мусора;
2. на подготовленную стяжку насухо укладывают и расправляют стеклянную сетку, которая является разделительным слоем между стяжкой и первым слоем нового водоизоляционного кровельного ковра. Этот разделительный слой обеспечивает условие приклейки расплавленного битума к стяжке в отдельных точках через ячейки стеклянной сетки, создавая диффузию водяных паров через неприклеенные подкровельные участки, и независимость их температурных деформаций;
3. на стеклянную сетку рассыпают ровным слоем толщиной 6–8 мм битумный порошок, полученный из измельченных кровельных отходов в порошок фракции до 5 мм и цемента. Эту битуминозную смесь нагревают газовой горелкой до полного расплавления битума до жидкотекучего состояния и образования из него сплошного водоизоляционного слоя. Такое основание через 1,5–2 часа остывает, набирает прочность и по нему можно повторно рассыпать битумно-цементную порошокую смесь с разогревом газовой горелкой.

Так последовательно на захватках крыши разбирают старые слои рубероидного ковра с одновременным устройством изоляции на вскрытой от кровли стяжке из водонепроницаемого мастичного слоя на основе битуминозной порошоковой смеси. Причем такие кровельные работы можно выполнять и зимой в сухую погоду.

Исходя из того, что любая горячая асфальтобетонная смесь содержит битум, а в рубероиде находится около 70-80% асфальтного вяжущего (битума) использование отходов мягкого кровельного материала в приготовлении асфальтобетона является весьма предпочтительным способом применения данных отходов. В исследованиях [36], [37] показано использование отходов кровельных битумных материалов в горячих асфальтобетонных смесях.

Лабораторных испытаний горячего асфальтобетона с использованием рубероида было проведено недостаточно, чтобы сделать окончательные выводы по эффективности использования отходов мягких кровельных материалов. Авторами был обнаружен единственный отчет [38], в котором проводилось тестирование горячего асфальтобетона, содержащего кровельные битумные отходы. Однако после тщательного анализа работы, очевидно, было обнаружено, что ни добавки, ни формовочная система не использовались для производства асфальтобетона. Вместо этого производители просто снизили температу-

ру смешивания смеси до 250 °С с обычной температуры асфальтобетонной смеси в 300 °С. Поэтому в этой области определенно требуется дополнительная работа. Применение порошка из кровельных бытовых отходов в асфальтобетонных смесях одновременно решает проблему использования и вяжущего, и волокнистых наполнителей, которые значительно сокращают стоимость строительства без снижения его качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черных, Д.С. Оценка влияния количества асфальтогранулята и технологии его подачи на свойства приготавливаемых смесей / Д.С. Черных, Д.А. Строев, Д.В. Задорожний. // Инж. вестник Дона. – 2013. – №4. – С. 2-5
2. Киричук, Д.И. Органоминеральная смесь на основе асфальтогранулята для ямочного ремонта городских улиц и дорог / Ю.А. Гайдайчук, М.В. Катасонов, Д.И. Гофман // Инж. вестник Дона. – 2018. – №4. – С. 3-5
3. Пугин, К.Г. Разработка асфальтобетонной смеси с использованием отходов производства / К.Г. Пугин, В.С. Юшков // Вестник МГСУ. – 2014. – № 6. – С. 99-104
4. Lee H. Laboratory Evaluation of Color Polymer Concrete Pavement with Synthetic Resin Binder for Exclusive Bus Lanes/ H. Lee, Y. Kim // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2017. – Vol.1991, №1. – P. 124-132.
5. Synnefa A. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate / A. Synnefa [et al.] // 2011. – Vol.40B, №1. – P. 27-30.
6. K K Plastic Waste Management Ltd [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.kkplasticroads.in/about-us/company-profile.php>. – Date of access: 05.10.2020.
7. MacRebur. The Plastic Road Company [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.macrebur.com>. – Date of access: 05.10.2020.
8. VolkersWessels [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.volkerwessels.com/en/projects/plasticroad>. – Date of access: 05.10.2020.
9. Николаева, Л.А. Дорожный асфальтобетон на основе модифицированного битумного вяжущего. / Л.А. Николаева, О.Н. Буренина, С.Н. Попов // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №85(01). – С. 112-117.
10. Галдина, В.Д. Влияние полимерных добавок на свойства битума и асфальтобетон. / В.Д. Галдина // Вестник СибАДИ. – 2009. – №2 (12). – С. 32-35.
11. Беляев, П.С. Модификация нефтяных дорожных битумов полимерными материалами для получения асфальтобетонных покрытий с повышенными эксплуатационными характеристиками / П.С. Беляев [и др.] // Вестник ТГТУ. – 2016. – Т.22 №2. – С.264-271.
12. Файзрахманова, Г.М. Разработка технологии получения органического вяжущего для дорожного строительства с использованием продуктов термической переработки биомассы дерева / Г.М. Файзрахманова [и др.] // Вестник ПГУ им. Шолом-Алейхема. – 2015. - №2(19). – С. 79-85.
13. Шыхалиев, К.С. Модификация битума с полиэтиленовыми отходами / К.С. Шыхалиев, З.Н. Алиева // Проблемы современной науки и образования. ISSN 2304-238. – 2017. - №16(98).
14. Хафизов, Э.Р. Повышение качества дорожных покрытий путем введения в щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь добавок резиновой крошки / Э.Р. Хафизов, Д.Ю. Семенов // Известия КГАСУ. – 2017. – №2(40). – С. 305-312.
15. Корнейчук, Г.К. Разработка универсального нанополимерного вяжущего для дорожных асфальтобетонов / Г.К. Корнейчук, Ю.А. Буценко // Вестник ИШ ДВФУ – 2017. – №1(30). – С. 68-74.
16. Василевская, Г.В. Применение отходов промышленности ГМК «Норильский никель» в производстве дорожного асфальтобетона / Г.В. Василевская, В.А. Шевченко, В.П. Киселёв // Вестник ИрГТУ. – 2015. - №3(98). – С.130-134.
17. Озерянская, В.В. Утилизация гальваноосадков в асфальтобетонной смеси / В.В. Озерянская, И.Н. Лоскутникова // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Естественные науки. – 2004 –. № 6. – С. 84-87.
18. Калашников, П.И. Асфальтобетон с использованием отходов асбестоцементных изделий / П.И.Калашников // Научные исследования. – 2016. – Т.2 №6 (17). – С. 34-41.
19. Майсурадзе, Н.В. Использование горелой земли в асфальтобетонных смесях / Н.В. Майсурадзе, Л.Р. Ситдииков // Известия КГАСУ. – 2006. – №1(5). – С. 39-41.
20. Попов, С.Н. Дорожный асфальтобетон с применением отходов угольной промышленности / С.Н.Попов [и др.] // Арктика XXI век. Технические науки. – 2013. – №1. – С. 57-64.
21. Zhou F. Best practice for using RAS in HMA / F. Zhou, J. Button, J.Epps [Electronic resource]. – Mode of access: <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/0-6614-1.pdf>. – Date of access: 20.10.2020.

22. Hansen K. Guidelines for the Use of Reclaimed Asphalt Shingles in Asphalt Pavements / K.Hansen // National Asphalt Pavement Association – 2009. –S. 136, E.2. – P.15-23.
23. Button J.W. Roofing Shingles and Toner in Asphalt Mixtures» / J.W. Button, D. Williams, J. Scherocman. – Texas: Texas A&M University, 1996. – P.6-19.
24. Krivit D. Recycling Tear-Off Asphalt Shingles: Best Practices Guide / D.Krivit. – Illinois: CMRA Eola, 2007. – P.14-23.
25. Chesner, W.H. User Guidelines for Waste and By-Product Materials in Pavement Construction / W.H. Chesner, R. J. Collins, M. H. MacKay. – Virginia: Federal Highway Administration, 1997. – 14 p.
26. Устинов, Б. С. Теплоизоляционные материалы из отходов картонно-рубероидного производства / Б. С. Устинов // Строительные материалы. – 1988. – №7. – С.5-6.
27. Устинов, Б. С. Теплоизоляционные материалы из отходов картонно-рубероидного производства / Б. С. Устинов // Строительные материалы. – 1990. – №4. – С.12-14.
28. Ремонт кровли переработкой многослойного рубероидного ковра в ВИР-пласт» (нанесение слоя кровельного покрытия горячей рубероидной массой): РТК 1.51789176.001: введ. 18.06. 00. – Москва: ООО Авистен и К. – 2 с.
29. Ремонтные кровельные и изоляционные работы по ремонту кровли переработкой многослойного рубероидного ковра в ВИР-пласт с защитным слоем из наплавляемого рулонного материала для верхнего слоя без устройства примыканий): РТК 2.51789176.001: введ. 21.09. 02. – М.: ООО Авистен и К. – 3 с.
30. Технические условия на комплект оборудования для изготовления кровельного покрытия ВИР-пласт: ТУ ТУ 3442-003-51789176-01: введ. 03.01. 01. – Москва: ООО Авистен и К. – 3 с.
31. Станок для измельчения рубероида ВИР 1.02 «Рубилка»: ТП 3.51789176.001: введ. 05.03. 00. – Москва: ООО Авистен и К. – 2 с.
32. Установка для приготовления горячей рубероидной массы ВИР 1.01»: ТП 2.51789176.001 введ. 05.03. 00. – Москва: ООО Авистен и К. – 4 с.
33. Производство комплекта оборудования для изготовления покрытия ВИР-пласт: ТЭО 2.51789176.001 введ. 15.10. 02. – Москва: ООО Авистен и К. – 7 с.
34. Покрытие ВИР-пласт из вторично использованного рубероида: ТУ 5775-004-51789176-01 введ. 01.11. 01. – Москва: ООО Авистен и К. –2 с.
35. Рециклинг кровельного битума: технические решения, оборудование, расчеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cnb.by/servisy/novosti/recikling-krovelnogo-bituma-tehnicheskie-resheniya-oborudovanie-raschety.html>. – Дата доступа: 11.11.2020.
36. Energy, Emissions, Material Conservation, and Prices Associated with Construction, Rehabilitation, and Material Alternatives for Flexible Pavement [Electronic resource]. – Mode of access: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141>. – Date of access: 05.12.2020.
37. Middleton, B. Evaluation of Warm-Mix Asphalt Produced with Double Barrel Green Process / B. Middleton, B. Forfylow // Sage Journals. – 2009. – Vol.2126,1. – P.19-26.
38. Maupin, G.W. Investigation of the Use of Tear-Off Shingles in Asphalt Concrete / G.W.Maupin. – Virginia: Virginia Department of Transportation, Charlottesville, 2010. – P. 3-12.

УДК 666.973.2

**СОРБЦИОННАЯ ВЛАЖНОСТЬ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ
И ТРОСТНИКОВОСОЛОМЕННЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ****И. А. ПЕТЕРЕНКО***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. А. БАКАТОВИЧ, канд. техн. наук, доц. Н. В. БАКАТОВИЧ)*

Определены показатели сорбционной влажности структурообразующего растительного сырья и теплоизоляционных материалов при относительной влажности воздуха 40 - 97% эксикаторным методом. Построены изотермы сорбции экспериментальных составов. Установлено, что присутствие измельченной соломы и вяжущих компонентов в виде жидкого стекла или канифоли существенно снижают сорбционную влажность экспериментальных образцов. Проведены исследования по определению временных периодов до начала появления следов плесени на поверхности образцов на основе измельченного тростника гигантского и ржаной соломы.

Введение. В последние десятилетия особую популярность набирает использование экологически чистых строительных материалов, включая и тепловую изоляцию зданий. Для получения таких теплоизоляционных материалов в большинстве случаев используют растительное сырье. В качестве растительных заполнителей применяют солому, кофру льна, волокна льна, мох, хлопковые отходы и т.д. [1 - 4]. Как свидетельствуют результаты исследований определение показателей плотности, теплопроводности недостаточно для определения эффективной работы тепловой изоляции и долговечности утеплителей. Определение сорбционной влажности изоляционных материалов и структурообразующего растительного сырья является одним из этапов по определению данных показателей. В ряде работ по исследованию новых теплоизоляционных материалов особое внимание уделяется определению сорбционной влажности при значениях относительной влажности воздуха 40-97% с построением изотерм сорбции [5, 6]. Полученные показатели позволяют выполнять расчеты по вычислению показателя теплопроводности теплоизоляции в условиях эксплуатации. Таким образом, сорбция водяного пара является основной причиной увлажнения изоляции в конструкциях зданий и является одним из основных показателей влияющих на теплопроводность утеплителей [7, 8].

Материалы и методы. Исходным структурообразующим компонентом для утеплителя являются частицы из измельченного стебля арундо тростникового (тростника гигантского). Ареол распространения относится к южным регионам Европы (на Юге Португалии, Испании, Франции), а также Турции (рис. 1). Предварительно полые стволы свежесрезанного тростника нарезали на цилиндры длиной 30 - 50 мм, а затем измельчали в шаровой мельнице, высушивали и фракционировали. Для изготовления образцов использовали частицы тростника длиной 10 - 30 мм с размером поперечного сечения от 0,25 до 2,0 мм.



Рисунок 1. – Арундо тростниковый (г. Лерия, Португалия)

Вторым структурообразующим компонентом выступала солома ржи, получаемая в больших объемах во многих регионах. После измельчения получали солому в виде мелких пластинок длиной 5-10 мм и шириной 1-2 мм. Высота пластинки не превышала 1мм.

При изготовлении теплоизоляционных плит в качестве вяжущего использовали натриевое жидкое стекло, производимое на ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат» (Беларусь). В виде вяжущего также использовали канифоль сосновую марки «А» производства ООО «СДС-Группа»

(Россия). Канифоль применяли в виде тонкодисперсного порошка. Предварительно канифоль измельчалась и просеивалась через сито №0.315.

Сорбционную влажность образцов определяли по ГОСТ 24816-2014 «Материалы строительные. Метод определения равновесной сорбционной влажности» с использованием эксикаторов.

Сушку сырьевых материалов и образцов теплоизоляционных плит производили в сушильном шкафу SNOL60/300 LFN (Литва). Массу образцов и сырьевых материалов определяли на весах настольных электронных ВНЭ-35 (УП «Завод Эталон» Беларусь).

Экспериментальные исследования. Исследования проводились с целью изучить сорбцию измельченного тростника и соломы и на основании полученных результатов установить степень влияния вяжущего и измельченной соломы на данный показатель.

При проведении эксперимента использовали измельченный тростник фракцией от 0,25 мм до 2 мм, смесь тростника и соломы (соотношение 1:1, плотность 145 кг/м³), смесь на жидком стекле (коэффициент теплопроводности 0,053 Вт/(м·°С), плотность 176 кг/м³) и смесь на канифоли (коэффициент теплопроводности 0,048 Вт/(м·°С), плотность 192 кг/м³). Расход канифоли составил 35% от массы растительной смеси, а жидкого стекла – 20%.

Показатели сорбционной влажности в зависимости от относительной влажности воздуха приведены в таблице 1. Построенные изотермы сорбции приведены на рисунке 1.

Таблица 1. – Сорбционная влажность экспериментальных составов

№ состава	Состав	Сорбционная влажность, %, при относительной влажности воздуха				
		40%	60%	80%	90%	97%
1	Измельченный тростник	8,4	10,8	20,9	37,0	61,7
2	Смесь измельченного тростника и соломы (соотношение 50:50)	7,6	9,5	15,4	25,2	39,7
3	Смесь измельченного тростника и соломы на жидком стекле	6,4	8,4	12,2	20,5	32,1
4	Смесь измельченного тростника и соломы на канифоли	6,2	8,0	11,7	18,3	29,4

Для всех изотерм сорбции (рис. 2) при относительной влажности воздуха 40% и 60% величина сорбции отличается незначительно в пределах 2,2 - 2,8%. С увеличением относительной влажности воздуха (80- 97%) сорбционная влажность составов 1, 2 существенно отличается от показателей составов 3 и 4.

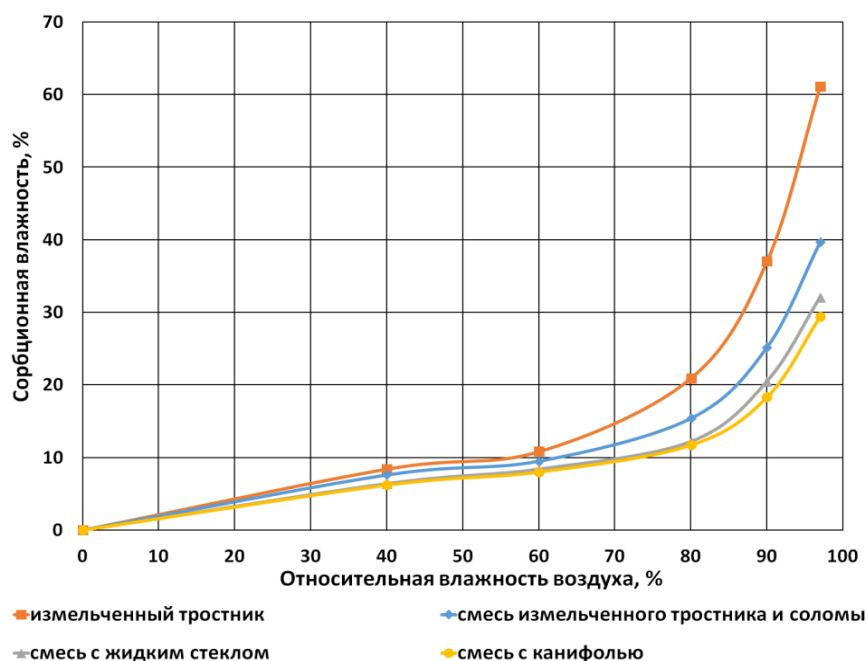


Рисунок 2. – Изотермы сорбции водяного пара

Построенные изотермы сорбции водяного пара свидетельствуют о том, что сорбционная влажность для составов 3 и 4 в условиях одинаковой относительной влажности воздуха имеет достаточно близкие значения. Сходимость результатов можно объяснить тем, что жидкое стекло и канифоль создают схожие покрытия в виде тончайших пленок обволакивающие частицы тростника и соломы, препятствующие проникновению водяных паров в микроструктуру материала.

Для измельченного тростника следы плесени на поверхности частиц появились на 76 сутки в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 97%. На 81 сутки образцы, находящиеся в эксикаторе при относительной влажности воздуха 90%, покрылись плесенью. Через 93 суток плесень визуально наблюдалась на частицах тростника в эксикаторе с относительной влажностью воздуха 80%.

Введение соломы несколько увеличило время до начала образования плесени. Так при относительной влажности воздуха 90% и 97% плесень на поверхности частиц появилась на 92 и 83 сутки. При относительной влажности воздуха 80% следы плесени на частицах наблюдались через 105 суток.

На составах 3 и 4 с применением вяжущего плесень образовалась при хранении образцов в эксикаторах с относительной влажностью воздуха 97% через 135 и 130 суток соответственно. При относительной влажности воздуха 80 и 90 % за период 150 суток присутствие плесени на частицах образцов составов 3, 4 не установлено.

Заключение

1. Введение вяжущего компонента (жидкого стекла или порошка канифоли) в состав тростниково-соломенной смеси существенно снижает сорбцию водяных паров теплоизоляционными материалами. При относительной влажности воздуха 80 – 97% показатель сорбционной влажности снижается в 1,7 – 2,1 раза. Сорбция утеплителей на основе жидкого стекла или канифоли при относительной влажности воздуха 40% и 60 % снижается на 22 – 26%.

2. Использование жидкого стекла или канифоли обеспечивает отсутствие плесени на поверхности тростника и соломы при относительной влажности воздуха до 90%. Также введение вяжущих способствует увеличению временного периода до начала появления плесени на образцах при относительной влажности воздуха 97% с 83 суток до 130 – 135 суток и таким образом повышает долговечность теплоизоляционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Environmental product declaration (EPD). EcoCocon Straw Modules (Panels). Owner: UAB/Ltd EcoCocon, Lithuania. Assesment made by VTT Technical Resarch Center of Finland Ltd. Project reference no: VTT-CRM-158424-18. Validity: 5 year period from assessment date. Reference year 2016-2017.
2. Плиты теплоизоляционные звукопоглощающие. Опытная партия. Технические условия ТУ ВУ 391129716.001-2015. – Введ. 27.07.2015. – Ореховск – 2015. – 10 с.
3. Rozyuev, M. Thermal insulation material using waste cotton production as a placeholder. European and National Dimension in Research, Technology: Electronic collected materials of XI Junior Researchers' Conference, Polotsk stage University. Novopolotsk, 2019. – pp. 64–66.
4. Bialosau A. Materiaiscompositos para isolamentotermico de materias-primasnaturais e aglutinantesminerais / A. Bialosau, A. Bakatovich, F. Gaspar // Livro de Resumos 3^oCongressoLuso – Brasileiro de Materiais de construcaosustentaveis, Coimbra, Portugal, 14 – 18 fevereiro de 2018. – p. 16–27.
5. Romanovskiy, S. Bakatovich, A. Effect of Modified Liquid Glass on Absorption Humidity and Thermal Conductivity of Flax Fiber Slabs // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 660 (2019) 012072 doi:10.1088/1757-899X/660/1/012072.
6. Bakatovich, A. Davydenko, N. Gaspar, F. Thermal insulating plates produced on the basis of vegetable agricultural waste, Energy Build.180 (2018) 72–82. doi:10.1016/j.enbuild.2018.09.032.
7. Пастушков П.П. О проблемах определения теплопроводности строительных материалов // Строительные материалы. 2019. № 4. С. 57-63.
8. Киселев И.Я. Влияние равновесной сорбционной влажности строительных материалов на сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий //Жилищное строительство. 2013. №6. С. 40-44.

УДК 69.002.5

**РАЗНОВИДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ****Н. В. РАЩИНСКИЙ***(Представлено: В. А. ХВАТЫНЕЦ)*

В статье представлены и рассмотрены различные виды строительных материалов, использующихся в инновационном строительстве зданий с применением 3D-принтеров. Разобраны их особенности, способы укладки, особые свойства и распространённость.

Аддитивные технологии – это инновационно-прогрессивный способ возведения зданий в малоэтажном строительстве способом послойного нанесения расходного материала на запроектированный след стен. Строительными 3д-принтерами уже активно пользуется большинство стран и крупных организаций, видя в этом дальнейшие перспективы во всех областях зодчества. Наряду с этим встают также серьёзные проблемы по региональному использованию аддитивных технологий. Выдвигается вопрос, по разработке и использованию новых строительных материалов, которые 3D-принтер сможет создавать полностью механизированным способом. Материалы должны обладать определёнными характеристиками по долговечности, жаро-, водо-, морозоустойчивости, теплопроводности, себестоимости, простоте возведения и практичности.

Наиболее часто используются следующие материалы: полистиролбетон, ABS-пластик, гипсовые композитные материалы, быстротвердеющий бетонный раствор, неавтоклавный пено- и газобетон и керамические материалы.

Печать одностадийным полистиролбетоном заключается в том, что в цементно-песчаную смесь, при её изготовлении добавляют специальные маленькие гранулы не вспененного полистирола той же плотности [1]. В процессе перемешивания бетона гранулы с полистиролом равномерно распределяются по всему объёму раствора. Далее раствор помещают на специальное устройство, которое проводит через него нормативный ток порядка 240-380 В. Под действием электрических импульсов раствор быстро нагревается до температуры 80°. Кроме того, при увеличении температуры гранулы полистирола раздуваются и увеличиваются в объёме внутри раствора, занимая всё свободное пространство. А под действием сдавливающих нагрузок стен сосуда происходит самоуплотнение полистиролбетона. При увеличении количества полистирола в бетоне можно добиться лучших теплоизоляционных характеристик материала, но потерять в прочности. То же самое работает и в обратную сторону. Были проведены неоднократные исследования, которые показали: что прочность одностадийного полистиролбетона, напечатанного 3д-принтером выше прочности бетона ручной кладки. Объясняется это тем, что нагрев полистиролбетона под действием электрических импульсов сохраняется и после его укладки непосредственно на стену, то есть он более продолжительное время сохраняет высокую температуру и в связи с этим может набирать прочностные характеристики дольше и интенсивнее.

ABS-пластик представляет собой заводскую искусственную смолу, которая имеет высокую ударостойкость, физическую, химическую и механическую выдержку, что позволяет использовать его в конструкциях, требовательных к износостойкости [2]. Кроме того, он в несколько раз прочнее обычного автоклавного бетона. Из-за несовместимых с материалом высоких температур изготовления, на конечных конструкциях зачастую могут образовываться замазки, плавучие линии и неровности, но эта проблема легко решается шлифовкой и восстановительными работами. Печататься данный материал может как способом послойного экструдирования материала, так и выборочным нанесением материала (рис. 1). Второй способ позволяет создавать оригинальные конструкции всевозможных конфигураций. Минусом данного материала является его низкая стойкость к прямому солнечному свету и высокая стоимость.

Производство материалов на основе тонкодисперсных гипсовых вяжущих позволяет многократно сэкономить на процессе производства и сильно не потерять в качестве материалов [3, 4]. Конструкции, созданные смесью из тонкодисперсного мелкого заполнителя и гипсовых вяжущих обладают гигиеничностью, жаропрочность, высокой звуко- и теплоизоляцией (рис. 2). Как правило, этот материал используется в аддитивных технологиях в качестве второго слоя (внутреннего) после завершения кладки основных несущих конструкций.

Быстротвердеющая бетонная смесь является стандартным материалом при возведении малоэтажных зданий при помощи 3д-принтера [5]. Укладывают бетон послойным экструдированием друг на друга. Перед этим в головке экструдера он нагревается до нужной температуры, перемешивается и смешивается

вается с пластифицирующими или другими модифицирующими добавками, а после полужидкой пастой выдавливается на поверхность предыдущего слоя. Добавление ускорителей твердения позволяет смеси набирать приемлемую прочность уже в первые несколько часов. В качестве модифицирующих добавок используют фибру. Также может вставляться арматура при повышенных характеристиках несущих конструкций. Бетонная смесь является наиболее эффективной, прочной, простой по технологии возведения и плюсом является то, что после его печати 3D-принтером не остаётся расходных материалов.



Рисунок 1. – Примеры конструкций напечатанных ABS-пластиком



Рисунок 2. – Образцы, созданные с использованием тонкодисперсных гипсовых вяжущих

Пенобетон используется преимущественно в качестве утеплителя [6, 7]. При выборе материалов опираются на такие показатели как: качество выполнения основной функции, экономичность и техничность. Пенобетон, как теплоизоляционный материал наиболее отвечает приведённым параметрам. Он является экологически чистым материалом, легко укладывается и формуется, прост в обработке и шлифовке, обладает звукопоглощением, влагостойкостью. Основной частью производства газобетона является смешивание основного вяжущего раствора и комплекса добавок в формующем устройстве, а после укладка на поверхность, где и будет происходить вспучивание.

Одной из разновидностью является монолитный пенобетон. Для возведения зданий данного типа чаще всего используются дельтовые 3D-принтеры, обладающие большим количеством рёбер жёсткости и высокой устойчивостью. Стены, возведённые из монолитного пенобетона дешевле и комфортнее даже деревянных. Данная конструкция обладает расширенным спектром формообразования, возможна вставка армирования прямо во время печати специальными машинами манипуляторами (рис. 3). Минусы использования пенобетона и газобетона: низкая скорость схватывания и медленный набор первоначальной прочности, но эта проблема решается введением ускорителей твердения.

Помимо стандартных несущих материалов быстрыми темпами развиваются и облицовочные керамические изделия [8]. Например, учёные из Корнельского университета изобрели специальные керамические кирпичики наподобие пазл, что позволяет собирать их в надёжные самоблокирующиеся конструкции. Керамические изделия обладают устойчивостью к температурам, но это создаёт ряд проблем при использовании их в 3D-принтерах: пористость, неоднородность структуры, появление трещин (рис. 4).

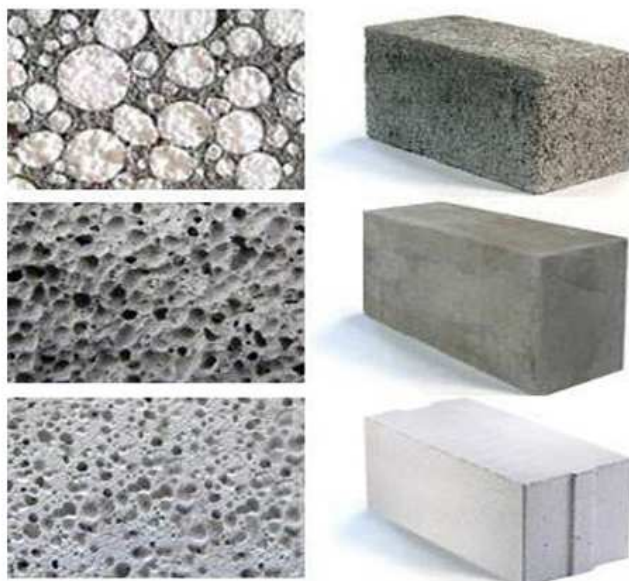


Рисунок 3. – Разновидности лёгких бетонов



Рисунок 4. – Примеры конструкций из керамических материалов

Керамические элементы обладают следующими преимуществами:

1. сокращение времени технологического процесса;
2. разнообразие материалов как по форме, так и по их сложности;
3. возможность быстрой коррекции формы.

Также проводятся многочисленные разработки печати межкомнатных перегородок соляными, гипсовыми и мелкоштучными материалами.

Развитие сферы 3D-печати мотивирует развиваться все строительные области, что благоприятно влияет на возрастающие экономические и технические параметры зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молодин В.В. Технология 3D-печати одностадийным полистиролбетоном / В.В. Моодин, И.И. Гасенко, П.Л. Тимин // Наука и инновационные технологии. – 2020. – №. 14. – С. 278-287.
2. Шаранова А. В. Подбор композиций, пригодных для реализации аддитивных технологий в строительстве / А.В. Шаранова, М.А. Дмитриева // Современные строительные материалы и технологии. – 2019. – С. 51-72.
3. Далинчук В.С. Основные аспекты печати домов с помощью 3d принтера / В.С. Далинчук, Д.А. Влащенко //Инновационное развитие. – 2016. – №. 2. – С. 6-13.
4. Гипсовые вяжущие вещества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stanislav-lemeshev.narod.ru/primengips.html> – Дата доступа: 20.09.2021.
5. Глаголев Е.С. Композиты для 3-д аддитивного малоэтажного строительства / Е.С. Глаголев // Наукоемкие технологии и инновации. – 2019. – С. 95-99.

6. Лунева Д.А. Технология 3D-печати с использованием метода послойного экструдирования в строительстве / Д.А. Лунева, Е.О. Кожевникова, С.В. Калошина // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2017. – Т. 2. – С. 251-261.
7. Шеремет А.А. Эффективный пенобетон для 3d-аддитивных технологий в строительстве / А.А. Шеремет // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. – 2020. – С. 1598-1602.
8. Лесовик В.С. Адаптация технологии неавтоклавногазобетона к строительной 3d печати / В.С. Лесовик, М.Ю. Елистраткин, Е.С. Глаголев, М.В. Абсиметов, С.В. Шаталова, Е.Н. Лесниченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2017. – №. 8.
9. Кириллова Н.К. Применение аддитивных технологий в строительстве и при изготовлении керамических изделий / Н.К. Кириллова, А.Н. Алексеева, А.Д. Егорова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2020. – №. 2.

УДК 69.002.5

СПОСОБЫ ВОЗВЕДЕНИЯ СТЕН ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**Н. В. РАЩИНСКИЙ***(Представлено: В. А. ХВАТЫНЕЦ)*

В статье рассмотрены различные варианты возведения стен при помощи аддитивных технологий. Описаны основные применяемые строительные материалы, а также положительные и отрицательные характеристики каждого метода.

Применение аддитивных технологий во всех отраслях промышленности уже успело показать свои сильные стороны, и строительная группа не стала исключением. Применение 3D-принтеров в строительстве позволяет возводить дома в кратчайшие сроки, с минимальным использованием бюджетных средств, рабочей силы и объёмных расходных материалов. Здания возводятся как на участке строительства, так и в заводских условиях отдельными конструктивными элементами. Так или иначе, у всех

3D-принтеров одна основная задача - создать здание с более дешёвыми, более прочными, более долговечными и разнообразными по структуре несущими конструкциями. К основным несущим конструкциям зданий относятся вертикальные и горизонтальные стены и перекрытия.

Все стены различаются по толщине, использованному материалу, прочностным характеристикам, тепло-, звукоизоляции и водостойкости. Тем временем способ аддитивных технологий позволяет возводить следующие виды стен: монолитные, бетонные ячеистые стены, с внутренним утеплителем и стены, возведённые способом адресного нанесения вещества.

Способ возведения монолитных стен прост: устанавливается специальный робот-манипулятор либо порталный принтер, настраивается на компьютере на внешние несущие стены здания, после чего начинает послойную печать стен непрерывной и цельной лентой [1]. Как правило, такой способ не требует опалубки, но иногда принтер сам программирует мини-опалубку. Данное конструктивное решение стен позволяет набрать большую прочность и жесткость здания, а при добавлении специальных модифицирующих добавок улучшает адгезию и морозостойкость.

Способ возведения бетонных ячеистых стен чем-то похож на первый, разница лишь в том, что принтер печатает только внешнюю опалубку, напоминающую небольшие секции, являющиеся контурами жёсткости стены [2]. Чаще всего такой способ используется для возведения высокопрочных железобетонных зданий (рис. 1). После печати опалубки внутрь стен устанавливаются перемычки и если того требует конструктивная система также вводится арматура, после чего все ячейки стены заливаются тяжёлым бетоном либо мелкозернистым заполнителем.

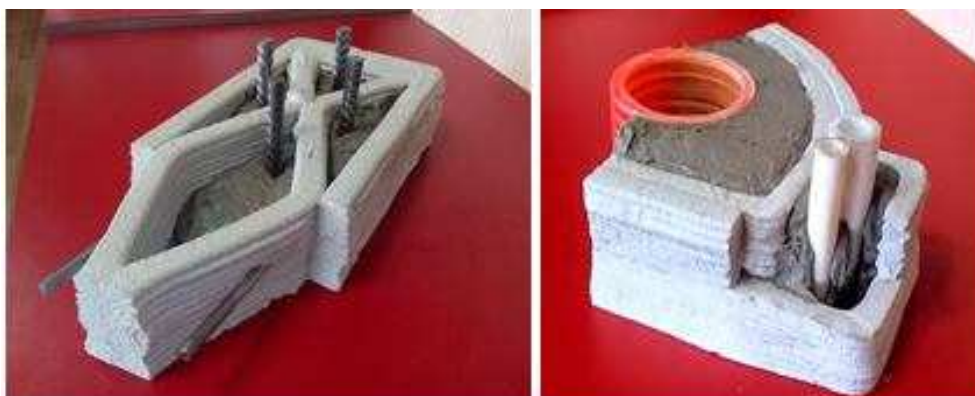


Рисунок 1. – Фрагмент бетонных ячеистых стен

Суть способа стен с внутренним утеплителем заключается в том, что сначала головкой экструдера послойно наращиваются внешняя и внутренняя стенки, а после 3д принтер при помощи специального программного обеспечения заполняет пространство между стенами пористым теплоизоляционным материалом или каким-либо вяжущим. При этом внешняя и внутренняя стена прочно соединены арматурой. Чаще всего для такой цели используется пенополиуретан в сочетании с минеральной ватой. Учёные из НГАСУ даже разработали новый вид полистиролбетона, который при печати саморасширяется и уплотняется, повышая тем самым конструктивные и теплоизоляционные свойства материала.

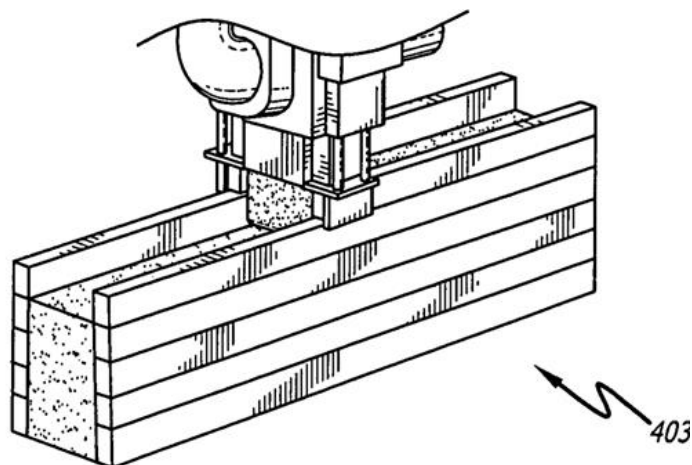


Рисунок 2. – Принцип заполнения межслойного пространства утеплителем

Суть способа возведения стен адресным нанесением связующего вещества заключается в том, что при помощи головки-манипулятора послойно наносится мелкий инертный наполнитель с пластифицирующими добавками, и поверх него накладывается связующее вещество, которое даёт возможность наращивать следующий слой в видоизмененном направлении [3, 4]. Такой способ возведения предоставляет возможность формировать стены самых различных форм и размеров.



Рисунок 3. – Пример конструкции с использованием способа адресным нанесением связующего вещества

Таким образом, можно сделать вывод о возможностях печати современных 3D-принтеров и о перспективности дальнейшего совершенствования и внедрения новых конструктивных решений строительства несущих элементов зданий. Дальнейшей разработкой данного направления может стать создание многослойной стены с различными материалами, утеплителями и звукоизолирующими средствами путём нанесения линейных равнокомпонентных слоёв с жёстким сцеплением материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титов М. М., Барданова И. С. Способ возведения стен здания печатающим 3D принтером дискретной печатью. – 2019.

2. Крушельницкая Е.А. Материалы для строительных 3D-принтеров и варианты конструктивного решения зданий / Е.А. Крушельницкая, Н.В. Огнев, Чжан Цзяньдун, Ди Се, Л.А. Сулейманона // Международный студенческий строительный форум-2018 (к 165-летию со дня рождения ВГ Шухова). – 2018. – С. 255-259.
3. Гладкая П.А., Черняк Д. А. Особенности технологии «3D» бетонирования и оценки свойств бетонокомпозиционных смесей для ее реализации. – 2019.
4. Змушко Д.В., Кохнович Е.С., Скарин О.Н., Мажанова А.И. Строительная 3D-печать: оборудование, способы формования, сферы применения, особенности бетонокомполитов. – 2017.
5. 3D-принтер D-Shape может печатать полноразмерные дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.km.ru/tekhnologii/2012/03/11/tekhnologii-i-resheniya/3d-printer-d-shape-mozhet-pechatat-polnorazmernye-dom> – Дата доступа: 20.09.2021.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

UDC 697.1:536.2

SMART WALL PANEL

YUAN JINBIN

(Presented by: D. N. SHABANOV, A. N. YAGUBKIN)

A smart wall panel has been created with the ability to automatically connect to a previously selected blue-tooth device, voice recognition of text, displaying temperature and humidity in real time.

It is known to use the "Smart Home" system on the Arduino UNO controller with control via an Android smartphone and the HC-05 Bluetooth module [1]. This system can be used to create a "Smart wall panel" and then the algorithm of actions will be as follows:

1. The task is to create an Arduino sketch and program for Android that would meet the necessary requirements.

From the hardware part you need:

Arduino UNO

Bluetooth модуль HC-05

2-channel relay module 5V 10A

Humidity and temperature sensor DHT-22

2. Then a sketch is created for the Arduino [SMARTHOUSE.ino](#). The task is for the sketch to receive a command to turn on a certain relay and at the same time transmit the readings of the humidity and temperature sensor. To create an Android application, the AppInventor 2 program was used.

General view of the program:

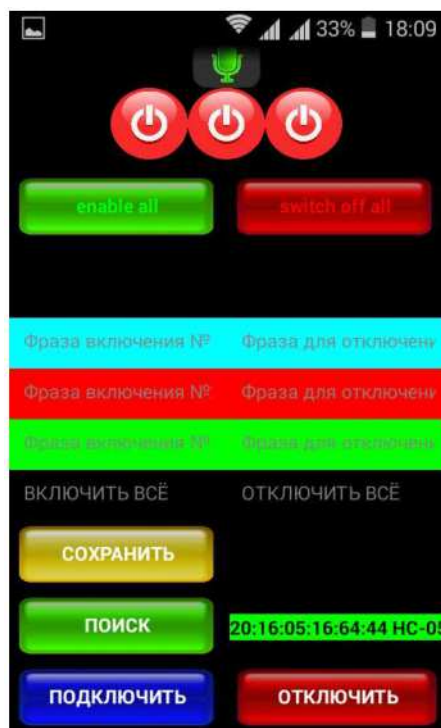


Figure 1. – Program interface

The features of the program are: the ability to automatically connect to a previously selected bluetooth device, voice recognition of text, display of temperature and humidity in real time. Before starting to use voice commands, you need to enter the command itself into the multi-colored fields from the smartphone keyboard and press the save button (the save button also remembers the connected device).

This was followed by the assembly, the assembly of all components into a single system.

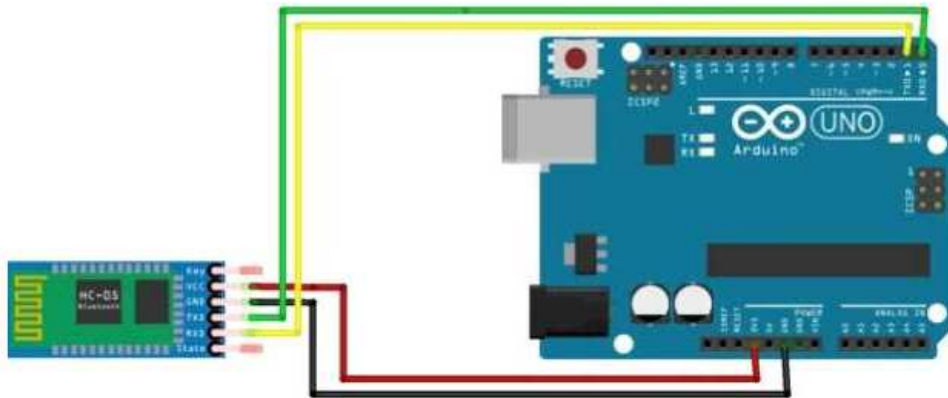


Figure 2. – Connection of HC-05

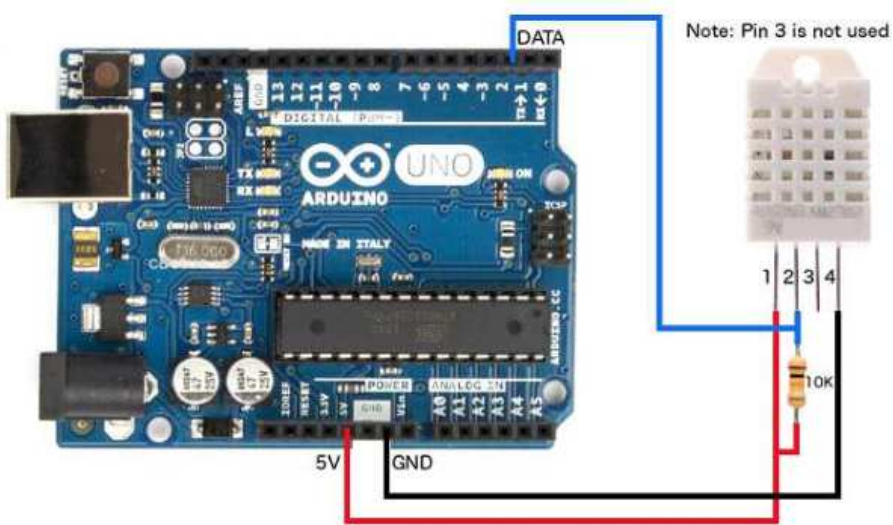


Figure 3. – Connection of DHT-22

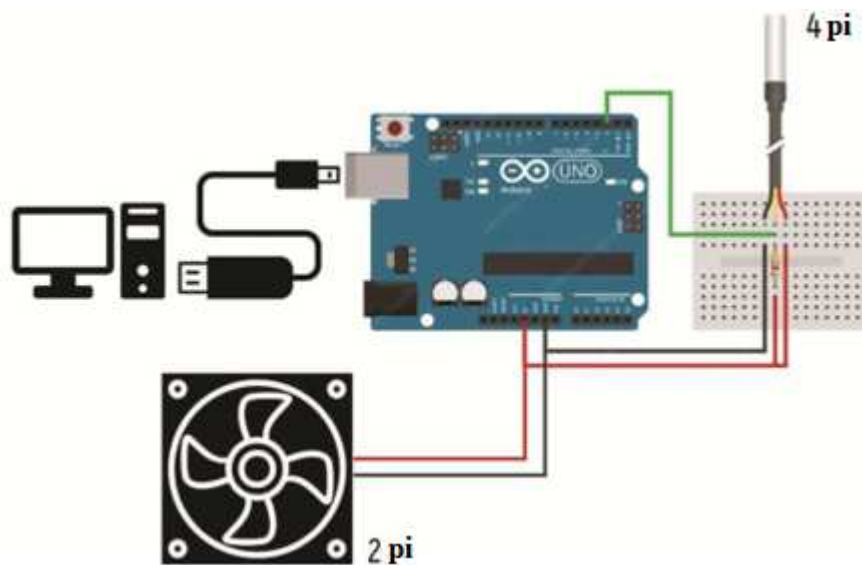


Figure 4. – Diagram of connection of temperature sensors in "Smart wall panel"

The load is connected to pins 8, 9, 10. If suddenly something is not clear with the connection, then you can see all the pins on the sketch itself. After connecting all the components, you need to install and run my SMARTHOUSE.apk program.

After installation, Bluetooth is turned on on the smartphone and we connect to the HC-05 module, and turn on the program.



Figure 5. – Program interface

As a result, we see the following picture on the smartphone screen.

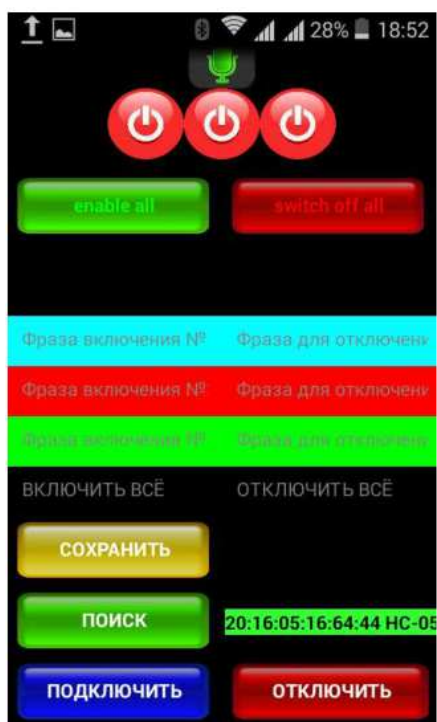


Figure 6. – Program interface

The use of information technology in construction allows you to create structural elements with performance characteristics (for example, “Smart wall panel”).

LITERATURE

1. [Electronic resource]. – access mode: <http://arduino.by/stories/umnyy-dom-upravlenie-s-android-smartfona>.

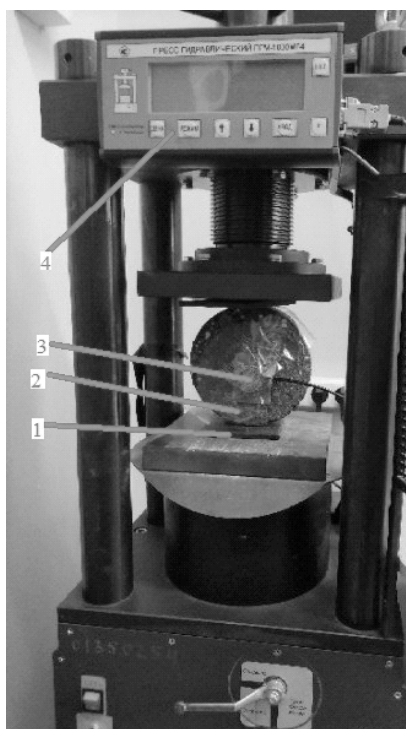
УДК 691.162

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ВЯЖУЩЕМ
С ПОМОЩЬЮ «БРАЗИЛЬСКОГО» И АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО МЕТОДОВ****А. В. БЕЛОУСОВ****(Представлено: Е. С. БОРОВКОВА)**

Представлены экспериментальные исследования при оценки упругих свойств образцов асфальтобетона по схеме «бразильского теста». Определена связь между прочностными и акустико-эмиссионными (АЭ) характеристиками образцов при одноосном нагружении.

Введение. Важнейшей задачей для правильного конструирования дорожных асфальтобетонных покрытий и выбора путей повышения их долговечности является установление закономерностей поведения дорожного полотна в условиях воздействия непрерывно изменяющихся эксплуатационных факторов [1].

Методы исследования. Были исследованы образцы эксплуатируемого дорожного покрытия (керны) цилиндрической формы диаметром 150 мм и высотой 45 мм. Данные керны вырезаны из дорожного полотна автодороги «А», местонахождение которой является г. Новополоцк, от здания АЗС с навесом по улице Ктаторова 31 до проезда устье, износ автодороги составлял 15%. Для совместных испытаний образцов асфальтобетона цилиндрической формы «бразильским» и акустико-эмиссионным методами были использованы установка для нагружения - пресс гидравлический ПГМ -1000МГ4А, пьезодатчик для регистрации АЭ, осциллограф и компьютер. Измерительное оборудование представлено на рис. 1.



1 – стальная пластина толщиной 5 мм; 2 – керн из асфальтобетона;
3 – пьезодатчик, подключённый к осциллографу; 4 – пресс гидравлический

Рисунок 1. – Внешний вид экспериментального оборудования

Заранее подготовленный образец помещается в пресс. С двух сторон керна симметрично относительно диаметральной плоскости размещаются стальные пластинки толщиной 5 мм. На образец крепятся пьезодатчик, подключенный к осциллографу, которые будут считывать амплитудные и временные параметры электрического сигнала и визуализировать на мониторе в виде осциллограммы. В настоящее время метод акустической эмиссии является одним из наиболее распространенных и широко развивае-

мых методов неразрушающего контроля. Он применяется в различных отраслях промышленности для проведения неразрушающего контроля и исследования технологических процессов [2].

Образец, смонтированный в нагрузочном устройстве, помещают в испытательную машину и нагружают до разрушения равномерно со скоростью 1 МПа/с. В момент нагрузки фиксируем изменения на осциллограмме до образования "магистральной" трещины (рис.2.). При испытании уже эксплуатируемого образца необходимо учитывать такое явление, как «эффект Кайзера» [3], согласно которому акустические сигналы отсутствуют в области упругих деформаций, до тех пор, пока не будет превышена первоначальная нагрузка. Этим и объясняется вид графика в первой области на рис.2.

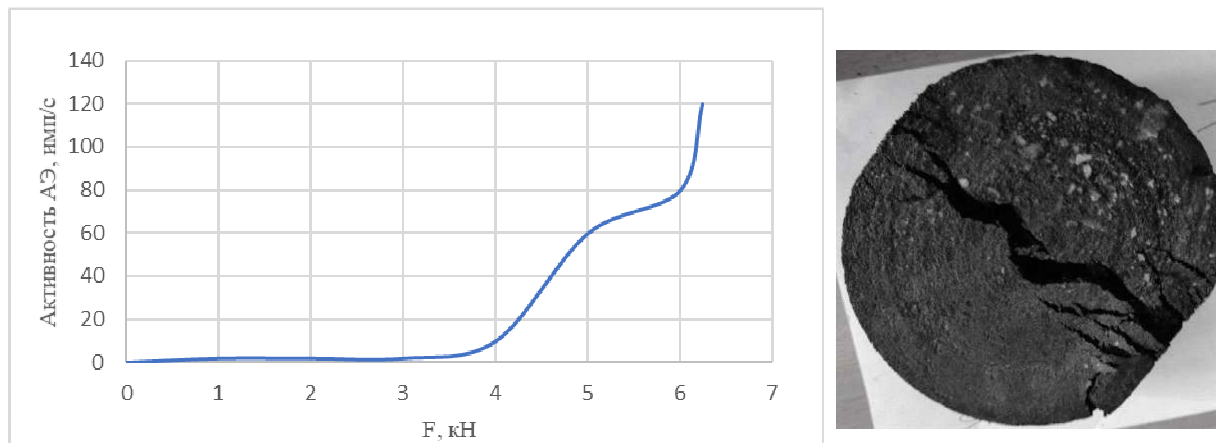


Рисунок 2. – График зависимости активности АЭ от приложенной нагрузки (слева), разрушенный дорожный образец при испытании на растяжение (справа)

После проведенного эксперимента, мы определили максимальную нагрузку на растяжения образца, при которой возникает та самая "магистральная трещина". В результате, мы получили величину в 6,24кН.

Практическая польза:

- Пригодно ли ещё уже положенное дорожное полотно для эксплуатации или нет;
- Пригоден ли полученный асфальтобетон для эксплуатации на заданном участке дороги или нет;
- Узнать какие максимальные нагрузки асфальтобетон может «выдержать».

Вывод. Опираясь на проведенный нами эксперимент, можно сказать, что "Бразильский" тест является достаточно точным и простым, чтобы его обширно использовать на предприятиях. Также метод акустической эмиссии позволяет определить параметры эксплуатационных и предельных напряженно-деформированных состояний дорожных покрытий при силовых воздействиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия / Руденский А.В.- М.: Транспорт, 1992.- 254 с.
2. Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования: ГОСТ Р 52727-2007. – Введ. 01.10.07. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
3. Kaiser J. Erkenntnisse und Folgerungen aus der Messung von Gerauschen bei Zugbeanspruchung von metallischen Werkstoffen // Archiv f'ur das Eisenh'uttenwesen. 1953. Bd 24, N 1/2. S. 43–45.
4. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-2015 - Введ. 01.04.16. – Москва: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2016. – 32 с.
5. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон: ГОСТ 58401.7-2019. – Введ. 01.06.2019. - Москва: агентство по техническому регулированию и метрологии - 2019. - 12 с.
6. Техническая диагностика. Общие требования. ГОСТ Р 52727-2007 - Введ. 01.10.2007. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии - 2007- 12 с.

УДК 691.162

**ПРИМЕНЕНИЯ «БРАЗИЛЬСКОГО МЕТОДА»
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ****А. В. БЕЛОУСОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Д. Н. ШАБАНОВ)*

В статье рассмотрены о преимуществах и возможностях использования "Бразильского" теста в экспериментах по определению прочности на растяжение материалов, в частности асфальтобетонов.

Введение. Определение прочности асфальтобетона при одноосном растяжении имеет большие трудности, главным из них – это техническая сложность в создании приемлемой геометрии образца и линейного растяжения его. Поэтому широкое применение получил косвенный метод определения показателя сопротивления материала растяжению, предложенный в 1947 г. бразильским инженером Ф. Карнейро, который в последствии назвали «бразильским» [1].

Суть теста. Бразильский тест – это лабораторное испытание, проводимое для косвенного определения прочности асфальтобетона на растяжение. Прочность асфальтобетона на растяжение является важным параметром при разработке геотехнического проекта, поскольку она значительно ниже, чем прочность асфальтобетона на сжатие. Это явление также проявляется в бетоне, что привело к использованию стальной арматуры для увеличения растягивающей способности материала. Исследования также показали, что во время сжатия предел прочности на растяжение в вершинах микротрещин превышен, и эти трещины имеют тенденцию распространяться по образцу, приводя к разрушению [2].

Суть заключается в том, что данный тест представляет собой сжатие цилиндрического образца вдоль цилиндра с последующим измерением нагрузки, при которой наступает разрушение образца. Прочность на растяжение породы в основном определяется двумя процедурами испытаний:

- 1) Прямое испытание на прочность при растяжении
- 2) Бразильский тест.

Если говорить про первый случай, а именно про прямое испытание на прочность при растяжении, то он считается наиболее подходящим методом для определения способности образца к растягиванию. Однако он широко не используется, так как подготовка образца является сложной задачей, и отказ обычно является недопустимым (образец должен провалиться через его среднюю часть, чтобы тест был надежным). По этой причине бразильский тест широко используется в качестве пробоподготовки, и процедура тестирования намного эффективнее.

Бразильское испытание проводится на дисковых образцах, которые обрезаются и сглаживаются таким образом, чтобы любые неровности на их поверхностях составляли менее 0,25 миллиметра. Две поверхности также должны быть параллельны с точностью до 0,25°.

Отбор испытываемого образца должен быть выбран по следующим критериям:

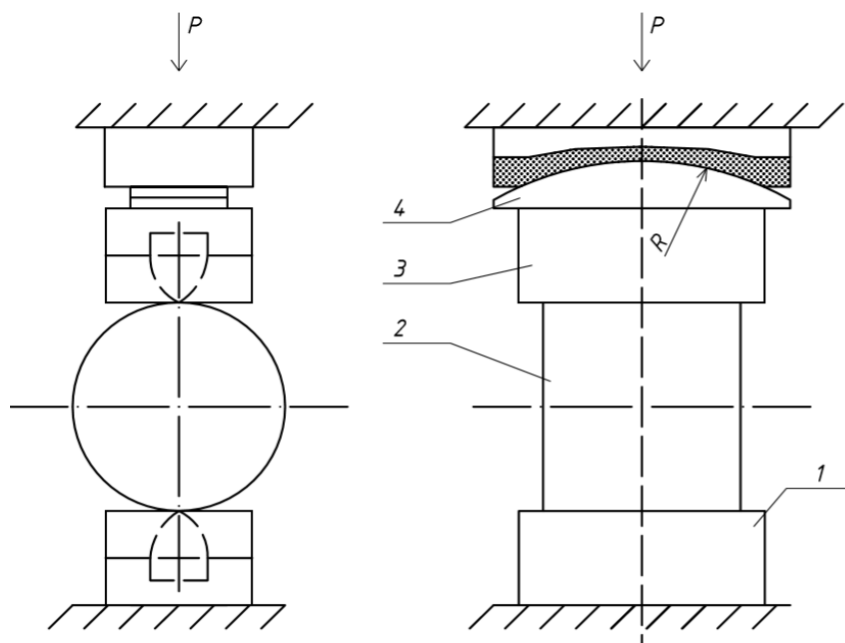
- образец должен быть без деформации (трещины, полости;
- диаметр образца должен быть не менее 54 мм;
- толщина должна быть в 0,2-0,75 раза больше его диаметра и оптимально примерно равна половине диаметра;
- влажность должна быть приближена к «полевым условиям» [3].

Для проведения испытания применяют следующее оборудование и инструменты представленные на рисунке 1:

- устройство нагрузочное, обеспечивающее центральное и соосное приложение растягивающего усилия к образцу (отклонение от соосности не более 0,5 мм) и исключаящее передачу от захватов испытательной машины к образцу усилий, вызывающих его изгиб и кручение;
- плиты стальные толщиной не менее 3мм диаметра образца с плоскими рабочими поверхностями (отклонение от плоскостности не более 0,02 мм);
- клинья стальные с радиусом закругления, равным (5 ± 1) мм. Длина плит и клиньев - на 3-5 мм больше длины образца. Класс шероховатости рабочих поверхностей плит и клиньев.

Цилиндрический образец помещается в специально сконструированную ячейку, состоящую из двух стальных деталей, собранных вместе таким образом, чтобы они соприкасались с образцом двумя противоположными концами. После образец, смонтированный в нагрузочном устройстве, помещают в испытательную машину и нагружают до разрушения равномерно со скоростью 1-5 МПа/с. Записывают величину разрушающей силы в килоньютонах, зафиксированную силоизмерителем испытательной машины (пресса). При необходимости определяют влажность пробы непосредственно при испытании. Для этого обломки образцов помещают в бьюксы не позже чем через 10 мин после выполнения испыта-

ний и взвешивают. Дальнейшие операции - по ГОСТ 5180-2015. Влажность фиксируют в журнале испытаний. Опыт требуется повторить 10 раз. Однако, если результаты не имеют значительных отклонений (коэффициент вариации должен быть менее 5%), можно использовать меньшее количество образцов[4].



1 – нижняя плита (нижний клин); 2 – образец;
3 – верхняя плита (верхний клин); 4 – сегмент

Рисунок 1. – Схема расположения образца под прессом

Инновационный способ использования. 03.12.2018 г. учёные Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ" нашли эффективный способ выявлять предел прочности ядерного топлива – в испытаниях топливных таблеток отталкиваться от метода "Бразильского теста" и новой формулы расчета прочности. Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что тест можно использовать и для испытания образцов малоразмерных состоящих из хрупких материалов [5].

Закключение. Несмотря на то, что "Бразильскому" тесту уже более 70 лет, со временем он не утратил своей актуальности и до сих пор пользуется большой популярностью во всём мире, так как он является относительно простым для проведения и имеет огромный потенциал в исследованиях. Данный метод является удобным для исследования образцов на прочность растяжения. В дальнейших исследованиях данный тест будет использоваться для определения прочности на растяжение асфальтобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молотников В.Я., Молотникова А.А. Замечания к бразильскому методу исследования прочности хрупких материалов на растяжение / Молотников В.Я., Молотникова А.А. // Вестник ДГТУ. 2014. Т. 14, № 4 (79), С. 30-38.
2. Splitting Tensile Strength Test (Brazilian) [электронный ресурс]. -Режим доступа URL:<https://www.geoengineer.org/education/laboratory-testing/splitting-tensile-strength-test-brazilian>.
3. Brazilian Test [электронный ресурс]. -Режим доступа URL:<https://www.geotesting.org/geotest/brazilian-test>.
4. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении [электронный ресурс]. -Режим доступа URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200023974>
5. Бразильский тест по-русски": ученые проверили на прочность ядерное топливо [электронный ресурс] // Навигатор абитуриента. -Режим доступа URL:<https://na.ria.ru/20181203/1535272162.html>
6. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик: ГОСТ 5180-2015. – Введ. 01.04.2016 - Минск: Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации. – 2015 - 38 с.

УДК 69.036

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ЛОНДОНСКОГО ОЛИМПИЙСКОГО СТАДИОНА****П. А. БЕСЕДИН, А. Ю. БАРАНОВ**
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)

Приведено описание Лондонского Олимпийского стадиона, основными критериями которого являлись «временность» и невысокий бюджет. Представлены инновационные «зеленые» технологии при строительстве Олимпийского комплекса.

Современное Олимпийское движение имеет большое политическое, социальное и экономическое значение для страны, которая проводит Олимпийские игры. Это повышает престиж, известность и дает большой экономический эффект, за счет инвестиций (МОК) Международного олимпийского комитета, направленных на строительство уникального, построенного по последнему слову науки и техники олимпийского комплекса. Большое количество стран выступает в борьбе за право проведения олимпийских соревнований, а в разработке проектов принимают участие самые известные архитекторы мира. Проводятся международные конкурсы на выявление самых актуальных архитектурных решений [1].

В настоящее время в истории архитектуры олимпийских стадионов сосредоточен мировой опыт строительства, каждый из которых отражает уровень своего времени и ярким представителем архитектуры стадионов XXI века является Лондонский Олимпийский стадион, сосредоточивший в себе новейшие nano-, IT- и энергоэффективные технологии.

Лондонский Олимпийский стадион – многофункциональный спортивный комплекс, созданный для проведения летних Олимпийских игр 2012 года в Лондоне.

После гигантского Олимпийского стадиона в Пекине, организаторы Олимпийских Игр в Лондоне создали необычную разборную конструкцию для основной арены Олимпиады 2012. Обычно спортивных архитекторов просят создавать целые спортивные дворцы, способные прослужить на протяжении десятилетий. Однако новый Олимпийский стадион в Лондоне (рис. 1), на котором 27 июля 2012 года прошла торжественная церемония открытия Игр, сооружен с абсолютно другим прицелом: при необходимости он должен разбираться. Именно таким стал британский ответ на манию гигантизма, охватившую современную олимпийскую архитектуру: выше, быстрее и дороже.



Рисунок 1. – Олимпийский стадион в Лондоне

Англичане постарались избежать того, что произошло с превосходным стадионом «Птичье гнездо» в Пекине, простаивающим сейчас большую часть времени пустым. Организаторы Игр в Англии поставили перед архитекторами задачу создать такой дизайн Олимпийского стадиона в Лондоне, при котором можно было бы изменять его конфигурацию, делая чашу гораздо более компактной. В результа-

те получился стадион, обладающий постоянными 25 тысячами мест и еще 55 тысячами дополнительных мест, которые легко можно убрать по окончании Олимпийских Игр.

Старший архитектор Род Шерд признался, что его фирма была заинтригована и одновременно озадачена данным заданием. Ведь с философской точки зрения архитекторам идея понравилась, так как они были на Олимпиаде в Пекине и видели образец гигантской архитектуры, где деньги не имеют никакого значения. Но Лондон не мог себе позволить такой роскоши.

Архитектурное бюро Populous, занимавшееся разработкой проекта Олимпийского стадиона в Лондоне, известно, как один из основных игроков на рынке строительства крупнейших спортивных объектов. Именно они занимались Олимпийским стадионом в Сиднее, а также множеством стадионов, включая новый Yankee Stadium в Нью-Йорке и Emirates Stadium для лондонского «Арсенала». Однако для Олимпийского стадиона в Лондоне требовалось найти какое-то новое решение, главная идея которого основывалась бы на «временности».

«Временность» как цель значительно расширила возможности архитекторов, даже в плане цветового решения стадиона. Почему обычно архитекторы не рискуют строить многоцветные здания. А все потому что ультрафиолет со временем разрушает краски: уже через 5-6 лет сооружение представляет собой бледную копию оригинала. Однако если объект не рассчитан на столетия, то его цветовая гамма может быть существенно богаче [2].

Как было отмечено выше, Олимпийский стадион вмещает 80 тысяч зрителей, а хитрость архитекторов позволяет после закрытия игр трансформировать его в стадион на 25 тысяч посетителей. «Такое преобразование от 80000 до 25000 мест раньше никогда не делалось, – говорит руководитель проекта Филипп Джонсон, – Мы делаем это, чтобы проект был рентабельным и жизнеспособным в дальнейшем». Одной из сложностей строительства было то, что на момент утверждения проекта в нем учитывалось применение огромного количества стали для возведения главных конструкций. Конструкторы предложили разместить базовое количество мест (25000) на низкой платформе прямо на земле. Платформу поддерживали пять тысяч железобетонных свай, уходящих под землю на 20 метров. В результате потребление стали удалось сократить на 75 %. Временные места (55 тысяч) поддерживает легкая конструкция из 112 стальных элементов, монтаж и демонтаж которых по задумке происходит очень быстро. Они выкрашены в черный цвет, чтобы не привлекать особого внимания посетителей и создавать спокойную атмосферу. Крыша стадиона весом 496 тонн поддерживается конструкциями белого цвета. Она прикрывает 2/3 зрителей и обтянута белой тканью [3]. Схема конструкций стадиона представлена на рисунке 2.

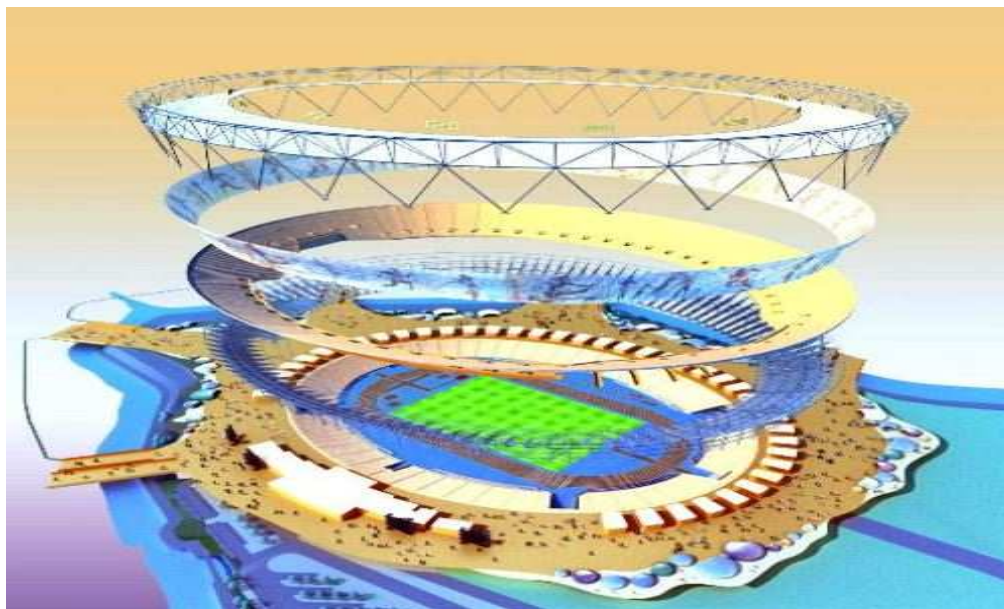


Рисунок 2. – Схема конструкций и слоёв стадиона в разобранном виде

При строительстве стадиона большое внимание уделено применению “зеленых” технологий, особенно экологических материалов или материалов из строительного мусора и отходов.

Особенности Олимпийского стадиона Олимпиады 2012 года:

- низкоуглеродный бетон. Сделанный из промышленных отходов, данный бетон содержит на 40 процентов меньше углерода, нежели обычный бетон;
- верхнее кольцо стадиона было выстроено из остатков газовых труб;

- туалеты выстроены из переработанных контейнеров со всеми необходимыми очистительными сооружениями;
- дробленый бетон, переработанный из других частей Олимпийского парка, был помещен в фундамент стадиона, создавая прочную конструкцию;
- использовались легкометаллические стальные конструкции, как часть плана по сокращению материалов для строительства;
- 500 000 растений высажены в районе Олимпийского парка;
- олимпийский стадион на 75 процентов легче из-за использования лёгких стальных конструкций, в сравнении с другими стадионами;
- олимпийский стадион имеет 2821-футовую окружность и 197-футовую высоту;
- одновременно более 650 рабочих работали над стадионом. Всего было задействовано более 5000 человек;
- олимпийский стадион имеет более 150 км силовых кабелей [4].

После проведения Олимпийских игр стадион реконструировали, так как 21 марта 2013 года клуб Английской премьер-лиги «Вест Хэм Юнайтед» получил право с 2016 года на проведение домашних матчей в течение последующих 99 лет. Олимпийский стадион претерпел следующие изменения: беговые дорожки убрали, нижний ярус придвинули к полю, но верхний ярус остался на своем месте и все так же далек от края поля, что является не слишком удобно для футбольных болельщиков [5].

Есть надежда, что дизайн, как видно, успешно реализует множество необычных и сложных философий. К ним относятся вера в хороший конструктивный дизайн и инновационные решения, обеспечивающие естественную культовую элегантность, образованную архитектурой интеграции, проектированием и строительством. Главное, что логические, смелые решения могут генерировать знаковые проекты, которые являются легкими, инновационными, эффективными и устойчивыми. А какое место отведет история архитектуры детищу фирмы Populous, еще предстоит выяснить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рисунки стадиона [Электронный ресурс] / сайт достопримечательности – Режим доступа: <https://kak.radiomoon.ru/risunki-stadiona/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
2. Олимпийский стадион в Лондоне [Электронный ресурс] / сайт достопримечательности – Режим доступа: <http://helpintourism.com/evropa/angliya/390-olimpiyskiy-stadion-londona.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
3. Олимпийский стадион-трансформер в Лондоне [Электронный ресурс] / сайт BFM.RU – Режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/187802/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
4. Классификация тонкостенных конструкций [Электронный ресурс] / сайт Я ботаник – Режим доступа: <https://referat.yabotanic.ru/arhitektura/klassifikaciya-tonkostennyh-pokrytij/284431-3726458-page3.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.;
5. Олимпийский стадион Лондон – 2012 [Электронный ресурс] / сайт Construction – Режим доступа: <https://rus.cosummitconstruction.com/london-2012-olympic-stadium-99997/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.

УДК 69.036

**МОНУМЕНТАЛЬНЫЙ ПАМЯТНИК ОЛИМПИЙСКИХ ИГР –
ПЕКИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАДИОН**

П. А. БЕСЕДИН, А. Ю. БАРАНОК
(Представлено: С. А. РОМАНОВСКИЙ)

Представлена история создания одного из самых роскошных проектов спортивного объекта 21 века – Олимпийского Пекинского национального стадиона «Птичье гнездо». Приведены данные об использовании стадиона после проведения Олимпийских игр в 2008 году.

Олимпийские игры - одни из старейших и крупнейших в современном мире международных комплексных спортивных соревнований. Проведение Олимпийских игр восходят к античной спортивной традиции в Древней Греции, возрожденной в конце XIX века. С первых игр 1896 года проведено несколько десятков игр, которые внесли существенные изменения в архитектурный облик столиц игр [1]. Добротными памятниками эпохи, которые с легкостью могут пережить политические режимы и войны являются Олимпийские спортивные объекты. При этом некоторые стадионы и спортивные центры, построенные много лет назад, до сих пор служат по назначению, а другие, совсем новенькие, – уже находятся в полнейшем запустении [2]. Об одном из таких стадионов, который пережил период простоя, а теперь приобретает вторую «жизнь» и пойдет речь в данной статье.

Когда Китай выиграл право проведения Олимпийских игр в 2001 году, народ торжествовал, а столица Пекин стала одной из главных строительных площадок в стране. Государству предстояло доказать и показать всю свою мощь и власти были готовы к крупным капиталовложениям. Администрация города инвестировало более 40 млрд долларов в Олимпийское строительство. Кроме того, хозяевам города очень хотелось продемонстрировать миру что-то уникальное в инженерном смысле. Этим уникальным решением стал национальный стадион. Именно на нем прошло открытие и закрытие игр, разыграно 48 золотых медалей.

Был объявлен международный тендер выиграть который удалось швейцарцам, у которых уже был проект будущей жемчужины олимпийской короны, но в нем не хватало одного – амбиций принимающей нации и китайской изюминки. Для решения этого вопроса к созданию главной спортивной площадки привлекли дизайнера, у которого история Китая была в крови - Ай Вэйвэй. Этот человек фрагментирует образцы древних артефактов для создания собственных произведений искусства, он показал компании те новые идеи, формы и рассказал, как это будет восприниматься. При этом удалось уйти от традиционного китайского дизайна. Концепция общего вида из клубка ниток воодушевила проектировщиков, овал, обвитый неразрывными клубками пряжи внутри которого спортивная арена (рис. 1).



Рисунок 1. – Пекинский национальный стадион

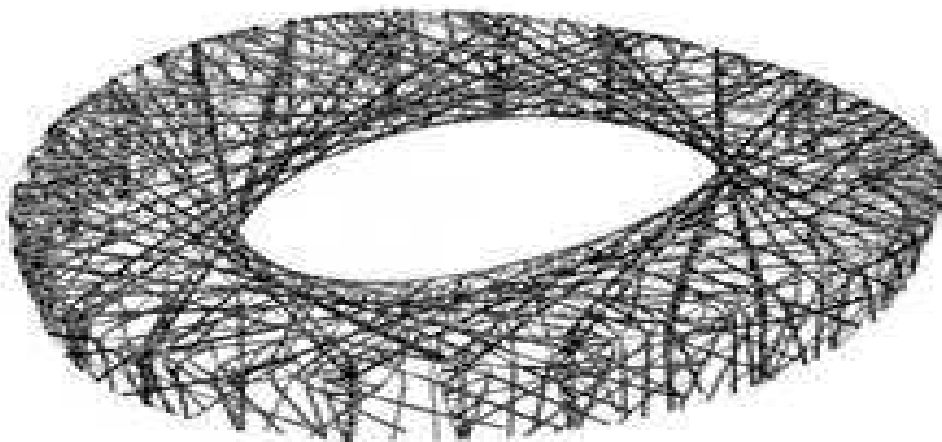
Идею стали развивать, несущую конструкцию стадиона решено было возводить из стальных балок длиной до 300 метров, аккуратно переплетенных в виде нитей и охватывающих всю структуру. Определение "Птичье гнездо" было утверждено официальной концепцией – это название передавало конструк-

тивную идею строения. Сроки строительства были строгими – максимум 5 лет и самым сложным было создание сплетений – объемных узлов.

Площадка для строительства была выбрана на императорской оси Пекина. Это линия, проходящая через всю столицу вдоль которых расположено множество исторических объектов: Небесный дворец, Тянь Ань Мэнь и Закрытый город. Для такого огромного стадиона требовался фундамент соответствующего размера (подставка которая сможет выдержать конструкцию такого размера и веса, он должен быть способен переносить вертикальные и горизонтальные нагрузки), а глубина заложения свай – 37 метров (значительно глубже чем при строительстве любого другого стадиона). Для создания невероятно большого скелета стадиона требовалась специальная, первоклассная сталь (изготовленная по специальной формуле, марка выдерживает большие нагрузки на разрыв и тягу). Как говорят специалисты: это самая лучшая китайская сталь, основными преимуществами которой являются: прочность, стабильность, чистота, сейсмическая стойкость и низкая чувствительность к сварочным работам. "Птичье гнездо" способно выдержать самые разнообразные натиски сил природы [3].

Строительство началось с закладки фундамента. В качестве которого использовались достаточно длинные сваи, углубленные в основание приблизительно на 37 метров. Далее была построена бетонная «чаша», на которой были позднее установлены трибуны. На некоторый срок строительство было остановлено из-за проблем с финансированием. В марте 2004 года работы были возобновлены уже по новому проекту. Новый проект заключался в том, что было решено отказаться от раздвижной кровли, что впоследствии дало возможность сэкономить больше десяти тысяч тонн стали и около 150 миллионов долларов. В сентябре 2005 года были смонтированы временные опоры для колонн ферменной структуры, а в октябре уже все 24 колонны были установлены. После этого на эти колонны были установлены путем сварки отдельные, относительно небольшие, элементы внешней металлической структуры [4].

Стадион имеет достаточно интересный и необычный внешний вид. Трибуны стадиона находятся на бетонной «чаше». Вокруг этой «чаши» расположены 24 ферменные колонны, поверх которых находятся переплетения кривых металлических балок (рис. 2).



**Рисунок 2. – 24 ферменные колонны,
переплетенные металлическими балками**

Наружный стальной скелет – важный архитектурный элемент, предстояло из стальных конструкций (общей длиной 36 км) свить "Птичье гнездо", именно это превратило стадион в настоящий шедевр, общественный и культурный объект, ставший образцом Китайского, хай-тековского совершенства и визитной карточкой столицы.

Для покрытия спортивной крыши использовался этилен тетрафторэтилен (ETFE) нового поколения, обладающий такими свойствами как: легкость, прочность, звукопоглощение, атмосфероустойчивость, пожароустойчивость и не отражение света. Для этого потребовалось 40 тысяч квадратных метров материала и обошлось в 8 миллионов долларов.

В конструкции использована система солнечной энергии (Schneider Electric) на крыше билетных касс и система сбора воды, которая позволяет ежегодно собирать до 58000 т дождевой воды для нужд орошения и очистки. Нижняя часть навеса сформирована из PTFE (политetraфторэтилен) – полупрозрачный материал, часть акустического потолка. Полости между прутьями заполнены «подушками» из ETFE [3, 5].

С момента проведения Олимпийских игр в Пекине многих волнует вопрос, что же стало с «жемчужиной олимпийской архитектуры 2008» после того, как закончились фееричные представления

и соревнования, ведь горький опыт полного опустения такого рода сооружений по миру совсем не радует. После проведения Олимпийских игр стадион «Птичье гнездо» служил тренировочной базой для Сборной Китая по футболу, на его арене периодически проходили концерты, выставки и другие крупные массовые мероприятия города, там же состоялось грандиозное выступление Джеки Чана, постановки опер и мюзиклов. Из спортивных состязаний самым заметным стал футбольный матч за Кубок Италии и грандиозная церемония открытия чемпионата мира по League of Legends, которую «навестил» огромный летающий дракон Элдер Дрэгон. Всего же за последнее десятилетие на главной арене Пекина прошло более 300 масштабных соревнований и гала-концертов. А в последнее время, зимой на арене стадиона устраивают каток и парк зимних развлечений, впрочем, как и вокруг него. Помимо этого, круглый год проводят экскурсии для туристов, ведь Национальный стадион Пекина с первого дня его существования стал настоящей достопримечательностью столицы Китая [6].

Большинство спортивных объектов, которые возводились в разных городах мира, после окончания Олимпиады не используются и буквально заброшены. Они создают дыру в местных бюджетах. Как оказалось, «Птичье гнездо» не только не забросили, но и поддерживают на плаву, иногда в прямом смысле слова. Но, самым главным событием является то, что в 2022 году столица Китая примет Зимнюю Олимпиаду. Впервые в мировой истории Международный Олимпийский комитет дважды отдал право проведения столь важного события одному и тому же городу. Основным стадионом для соревнований и открытия/закрытия игр станет «Птичье гнездо», а это означает, что площади стадиона будут использованы по назначению самым активным способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Главные стадионы Олимпийских игр [Электронный ресурс] / сайт giddom – Режим доступа: http://giddom.com/rus/dop_info/Главные_стадионы_Олимпийских_игр.html / – Дата доступа: 21.09.2021 г.
2. Архитектура триумфа: полузабытые олимпийские объекты Европы [Электронный ресурс] / сайт stadium.at.ua – Режим доступа: <http://stadiums.at.ua> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.
3. Пекинский национальный стадион [Электронный ресурс] / сайт Prezi – Режим доступа: <https://prezi.com/polqde6kjfwe/presentation/> – Дата доступа: 21.09.2021 г.
4. Пекинский национальный стадион [Электронный ресурс] / сайт Vuzlit – Режим доступа: https://m.vuzlit.ru/1234049/pekinskiy_natsionalnyy_stadion/ – Дата доступа: 21.09.2021 г.
5. Классификация тонкостенных конструкций [Электронный ресурс] / сайт Я ботаник – Режим доступа: <https://referat.yabotanic.ru/arhitektura/klassifikaciya-tonkostennyh-pokrytij/284431-3726458-page3.html> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.
6. 6 увлекательных фактов о стадионе в Пекине, более известном как «Птичье гнездо» [Электронный ресурс] / сайт novate – Режим доступа: <https://novate.ru/blogs/171219/52737/> / – Дата доступа: 21.09.2021 г.

УДК 69.05

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА
НА ПРИМЕРЕ КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ****А. С. ВАСИЛЕНКО, И. Д. РОДЕВИЧ***(Представлено: канд. экон. наук Г. Н. СЕРЯКОВ)*

В данной работе рассматривается повышение производительности труда на примере кровельных работ. Установлено, что с применением такого материала как рубемаст, в качестве кровельного покрытия, производительность труда в этой области значительно возросла.

Введение. Известно, что производительность труда является одним из основных факторов конкурентоспособности, поскольку от её эффективности зависит экономический рост и прогресс. Следовательно, возникает необходимость в изучении факторов роста производительности труда.[1]

Предложена система мероприятий, по развитию. Рост производительности труда аргументировано обоснован. Такой проблеме как повышение производительности труда уделяется огромное внимание. Данная проблема анализируется в большом числе монографических работ, научных статей и публикаций. Производство кровельных работ имеет свою организационно-экономическую и технологическую специфику. Эта специфика проявляется, во-первых, в территориальной закреплённости объектов, где производятся работы, удалённости от основной производственной базы и подвижного характера работ.[2]

Появление множества различных видов кровельных материалов и новых способов создания кровли, дают широкую возможность реализации системы мероприятий для развития качества и скорости производства кровельных работ, а также для повышения производительности труда в этой области.

Цель данной работы заключалась в сравнении способов устройства кровель из таких материалов как рубероид и рубемаст, для того чтобы проанализировать как это влияет на изменение производительности труда.

Ход работы. В данной работе мы выяснили, что уровень производительности труда зависит от ряда причин разного характера, которые в научно-экономической литературе и хозяйственной практике принято называть факторами. Изучили наиболее распространённые факторы, которые делятся на различные группы, представленные в таблице 1.[2]

Таблица 1. – Факторы роста производительности труда

Факторы	Характеристика
Изменение технического уровня производства	Внедрение новой техники, прогрессивной технологии, механизация и автоматизация производственных процессов, повышение уровня оснащённости технологических процессов, применение прогрессивных материалов
Социально-экономические факторы и социально-психологические факторы	Материальное и моральное стимулирование, создание благоприятного психологического климата в коллективе, улучшение условий труда и быта работников
Совершенствование управления, организации производства и труда	Совершенствованию структуры управления, повышение интеграции строительного производства, повышение качества проектных решений и качества строительства, обеспечению ритмичности строительства

Особое внимание мы уделили исследованиям в области производства кровельных работ на примере следующих материалов: рубероида и рубемаста. Сущность исследования заключалась в изучении кратких сведений о данных материалах и в сравнении способов устройства кровель, для того чтобы доказать, что с применением такого материала как рубемаст, в качестве кровельного покрытия, производительность труда в этой области значительно возросла. Краткие сведения о материалах и то каким способом происходит устройство кровель с их применением будут приведены нами далее.

Рубероид — это первое поколение рулонных материалов для кровли. Конструктивно он представляет собой картонное основание, обработанное битумом. По обе стороны на рубероид наносят дополнительный защитный материал — это могут быть сыпучие вещества, например, песок или асбест.

Срок службы рубероидной кровли варьируется от 5 до 10 лет. Достоинства рубероида: высокие гидроизоляционные способности, устойчивость к механическим нагрузкам, природным явлениям и осадкам, низкая цена, простота монтажа. К недостаткам материала можно отнести его слабую устойчивость к температурному воздействию. При очень высокой температуре он будет плавиться, при низкой — трескаться. Укладка рубероида происходит просто: рулон распределяют по поверхности и закрепляют

с помощью битумной мастики, а затем дополнительно проклеивают швы.[3] Покрытие выполняется методом наклеивания. Слой мастики наносится на часть поверхности по длине полосы полотна. Каждый рулон рубероида следует расправлять от середины к краям, препятствуя образованию воздушных пузырей. Для избавления от пузырей материал прокалывается, и полотно прижимается к поверхности. Прежде чем стелить следующий слой, необходимо сделать перерыв на 12 часов, за который мастика успевает подсохнуть. Затем удаляются возможные огрехи, и укладывается следующий слой.[4]

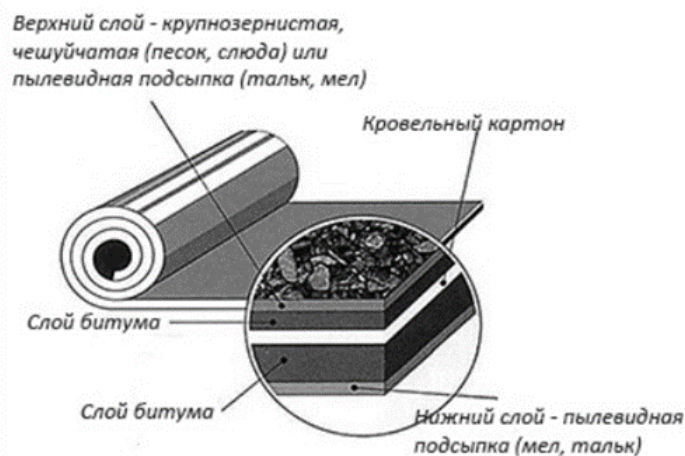


Рисунок 1. – Устройство руберонда

Рубемаст — это второе поколение рулонных материалов для кровли, считается модифицированной версией рубероида. Его основу также составляет кровельный картон, но с обратной стороны он имеет дополнительный плотный слой битума.

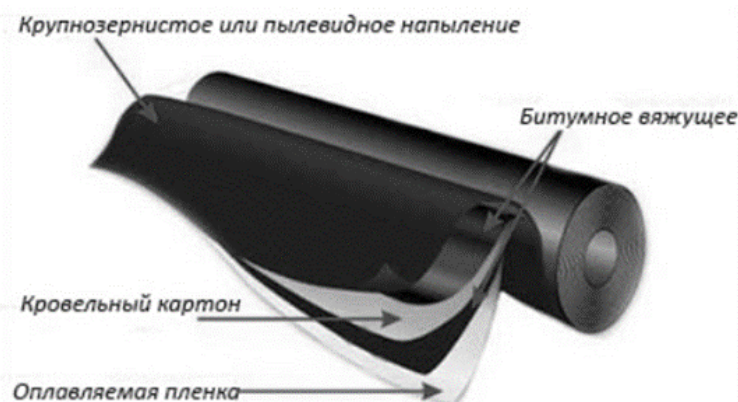


Рисунок 2. – Устройство рубемаста

Поэтому рубемаст имеет более высокие показатели эластичности, термоустойчивости и стойкости к механическим нагрузкам. Он более долговечен, чем рубероид, и может служить в течение 15 лет. Рубемаст монтируется на поверхность крыши методом наплавления.[3] Монтаж рубемаста начинают с приклеивания подкладочного слоя. Разогревание мастичного слоя происходит при помощи газовой горелки, работающей на сжиженном газе (пропан-бутан). Рулоны рубемаста приклеивают, начиная от воронок (пониженных мест) к водоразделам (место возвышения). Мастичный слой полотнища разогревают одновременно, подогревая основание кровли и прижимая полотно, при прогревании нельзя допускать перегрева рубемаста – это приведет к вытеканию мастики, и материал утратит свои полезные качества. После монтажа подкладочный слой разравнивают, притирают гребками или прикатывают валиком (можно использовать ручной каток ИР-735). Должна получиться ровная, без бугров, складок и отслоения поверхность. После приклеивания подкладочного слоя производится наплавление верхнего слоя. Укладка последующих слоев производится после тщательной приклейки предыдущего слоя. Сам процесс приклейки верхнего слоя такой же, как и укладка подкладочного слоя. Нахлесты выполняются на специальную кромку или на очищенную от посыпки поверхность. После укладки рулонов проверяются швы на

герметичность. Подозрительные участки повторно разогревают до вязкого состояния и плотно прижимают к основанию.

С момента применения рубемаста для устройства кровель трудозатраты на выполнение работ сократились примерно в 2 раза, за счет более быстрого и упрощенного способа монтажа — там, где раньше для выполнения работы было необходимо несколько смен, а следовательно большее количество человек, то сегодня ту же работу можно выполнить в одну смену. Более быстрый и упрощенный монтаж проявляется в том, что при укладке рубемаста, в отличие от рубероида, не требуется ждать 12 часов пока просохнет мастика, чтобы положить следующий слой, а можно сразу производить укладку последующих слоев. При методе наплавления покрытие получается ровным, с плотно прилегающими к поверхности кровли швами, которые не требуют дополнительного проклеивания, в отличие от метода наклеивания, где данная процедура необходима. Исходя из вышеизложенного видно, что затраты по времени и по количеству человек на устройство кровель из рубемаста значительно сокращаются, а скорость производства работ увеличивается, и все это ведет к уменьшению трудозатрат, и более высокой производительности труда.

Заключение. По результатам проведенных исследований можем сделать вывод, что определена взаимосвязь между использованием рубемаста в качестве кровельного покрытия и повышением производительности труда в области кровельных работ. Возникает возможность и ведутся дальнейшие работы в области изучения данной темы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носко Н.В. Факторы повышения производительности труда на строительных предприятиях республики Беларусь // Брестский государственный технический университет. УДК 331.101.6:69(476).
2. Носко Н.В. Процесс управления повышением производительности труда в строительстве // Брестский государственный технический университет.
3. Сравнение материалов для кровли плоской крыши — Текст : электронный // Кровли: [электронный ресурс]. — URL: <https://montajspetstroy.ru/sravnenie-materialov-dlya-krovli-ploskoj-kryshi/> (25.09.2021).
4. Кровля из рубероида: технология и способы укладки на крышу — Текст : электронный // Кровли: [электронный ресурс]. — URL: <https://vseokrovle.com/mjagkaja/54-kak-kryt-kryshu-ruberoidom.html> (дата обращения: 25.09.2021).
5. Рубемаст описание и укладка — Текст : электронный // Кровли : [электронный ресурс]. — URL: <http://strport.ru/izolyatsionnye-materialy/germetiki/rubemast-opisanie-i-ukladka> (дата обращения: 25.09.2021).

УДК 69.05

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ЗДАНИЙ. УМЕНЬШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ**И. Д. РОДЕВИЧ, А. С. ВАСИЛЕНКО****(Представлено: канд. экон. наук Г. Н. СЕРЯКОВ)**

В данной работе рассматривается уменьшение технологического цикла зданий и возможные варианты возведения зданий в соответствии с современными требованиями к срокам их эксплуатации.

Введение. 21 век – век новых технологий. В наше время все отрасли развиваются очень стремительно и практически каждый день мы можем видеть что-то новое. В связи с этим требования к строительству зданий также меняются с каждым новым днём. Сейчас от производственных зданий уже не требуется такой же долговечности как это было в прошлом веке. Любое производство должно быстро вернуться, принести прибыль и по истечению времени точно также быстро свернуться и освободить площадь для чего-либо нового.

Чаще всего под понятием жизненного цикла зданий подразумевается время от момента обоснования необходимости их возведения до наступления экономической нецелесообразности дальнейшей эксплуатации.

Стремительное развитие технологий даёт существенный толчок строительной отрасли для оптимизации и модернизации процессов при возведении зданий в соответствии с тем, как будет использоваться будущее здание.

Цель данной работы заключалась в изучении современных требований к жизненному циклу зданий и максимально возможной оптимизации процессов связанных с разворачиванием и сворачиванием производства.

Ход работы. В данной работе мы выяснили, чем быстрее совершается производственный процесс (чем меньше длительность производственного цикла), являющийся одним из элементов кругооборота оборотных средств, тем больше будет и скорость их оборачиваемости, тем большее число оборотов они совершают в течение года, тем меньшая будет потребность в них для выполнения заданной производственной программы. В результате происходит высвобождение денежных ресурсов, которые могут быть использованы для расширения производства на данном предприятии. По этой же причине происходит сокращение объема незавершенного производства. А это означает высвобождение оборотных средств в их вещественной форме, т.е. в форме конкретных материальных ресурсов.

Производственная мощность предприятия или цеха напрямую зависит от длительности производственного цикла. Под производственной мощностью понимается максимально возможный выпуск продукции в плановом периоде. И поэтому ясно, что чем меньше затрачивается времени на производство одного изделия, тем большее их число может быть изготовлено за тот же период времени. [1]

Изучили части жизненного цикла зданий, представленные в таблице 1.

Таблица 1. – Жизненный цикл здания

1. Предпроектная	Анализ рынка недвижимости, выбор объекта недвижимости, формирование стратегии проекта, инвестиционный анализ, оформление исходно-разрешительной документации, привлечение кредитных инвестиционных средств
2. Проектная	Разработка финансовой схемы, организация финансирования, выбор архитектурно-инженерной группы, руководство проектированием
3. Строительство	Координация ведения строительных работ и контроль качества строительства, смет затрат и расходов. Решаются задачи увеличения доли вложений потенциальных потребителей
4. Эксплуатация объекта	Эксплуатация и ремонт оборудования и помещений, материальный учёт, противопожарная охрана и техника безопасности, управление коммуникациями, утилизация и переработка отходов, изменения и перестройки, устранение аварийных ситуаций и охрана объекта
5. Закрытие объекта	Полная ликвидация его первоначальных и приобретённых функций, результат – либо снос, либо качественно новое развитие

Недвижимость включает постоянную реализацию инвестиционно-строительного проекта в виде объекта, связанного с землей, имеет свой срок жизни. Наиболее устойчивой во времени, состоящая из многих объектов недвижимости, является планировочная структура города, сформированная как результат градостроительной деятельности. В течение своего срока жизни здания несколько раз подвергаются капитальному ремонту. При планировании зданий или их капитального ремонта период до следующего ремонта составляет от 30 до 50 лет. После завершения строительства объект эксплуатируется в течение длительного времени. За ним организуется уход, текущий и капитальный ремонты. Большинство объектов на протяжении всего жизненного цикла сохраняют одно и то же назначение. Но, в 21 веке обязана быть возможность практически в любой момент перенести, создать или ликвидировать практически любое производство, для того чтобы оно приносило максимальную выгоду.

С того времени, как приносимый зданием доход (выгода) перестает покрывать затраты, требуемые на уход и содержание, здание должно быть снесено и на его месте построено новое. Если земельный участок не представляет собой большой ценности, а снос, наоборот, связан со значительными затратами, здание может оставаться без ухода и эксплуатации. Такие обветшавшие строения негативно влияют на окружающую среду и снижается имидж города. В крупных городах (Москва, Санкт-Петербург) промышленные окраины, застроенные много лет назад, в настоящее время оказались внутри города. Но, проведя капитальный ремонт и переоборудование данных зданий их можно использовать в других отраслях экономики.

Основными фазами существования строения являются строительство, содержание недвижимости (эксплуатация) и снос.

Стадию строительства можно разделить на стадию предварительного планирования проекта, стадию проектирования и стадию реализации проекта.

На стадии **предварительного планирования** дается обоснование целесообразности данного проекта, а также составляется его программа, определяющая основные количественные и качественные показатели будущего объекта, уровень затрат, с достаточной степенью точности, временные цели строительства объекта.

На стадии **проектирования** владелец объекта заказывает проектную документацию, с точным определением всех его параметров. В соответствии с проектной документацией производится строительство объекта — реализация проекта. Длительность этой стадии, в зависимости от вида объекта, обычно составляет 1—2 года. Крупный строительный проект, например, атомная станция, может осуществляться в течение десятков лет и больше.

С точки зрения экономики жизненного цикла недвижимости решающим является эффективное обеспечение 50-летнего срока осуществления основной деятельности. Значение строительства и содержания объекта в течение всего жизненного цикла в общем составляет 15—20 %. Только при проживании значение строительства становится существенным.

В квартирах многоэтажных зданий жильцы обычно меняются через 10-15 лет. Многоэтажный жилой дом, расположенный в центре города на протяжении своего жизненного цикла может сменить свое функциональное назначение на офисное здание, что потребует проведения реконструкции или модернизации объекта недвижимости. Коммерческое здание (например, универмаг), может в течении длительного времени сохранять свое назначение и даже своего владельца. Но в основном, во многих случаях пользователи торговой и офисной недвижимости меняются, их предприятия растут, им требуется большие помещения, либо предприятия закрываются и в их помещения въезжают новые предприниматели. [2]

Заключение. Из результатов проведённых исследований можно сделать вывод, что разработав универсальные проекты зданий появится возможность переоборудования одного производства на другое, или использования производственных зданий в других целях. Например некоторые здания можно переоборудовать под спортивные комплексы или торговые центры. Основной проблемой такого подхода будет являться создание подходящей инфраструктуры для использования зданий в новых условиях, т.к. зачастую производственные здания располагаются на окраинах или в черте городов. Данный метод позволит сэкономить время, ресурсы и свободное пространство в городах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жизненный цикл объекта недвижимости. – URL: <https://pandia.ru/text/77/224/22893.php> (25.09.2021).
2. Пути сокращения длительности производственного цикла URL: https://studopedia.ru/3_198853_puti-sokrashcheniya-dlitelnosti-proizvodstvennogo-tsikla.html (25.09.2021).

УДК 691.328.34

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕНОБЕТОНА В КАЧЕСТВЕ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИЛЫХ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

А. А. КОЛТУНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)

Пенобетон завоевывает рынок строительных материалов. И происходит это вполне закономерно, во многом благодаря удивительным свойствам этого материала. Данная работа выполнена в соответствии с концепцией внедрения перспективных материалов в жилищное строительство, уменьшения собственного веса конструкций, снижения расхода связующего материала и его стоимости, повышения качества и сокращения сроков строительства. Научная значимость результатов проведенных исследований состоит в том, что они открыли резервы снижения стоимости и расхода материалов при изготовлении пенобетона по сравнению с железобетоном.

Объектом исследования являются пенобетонные плиты с армированием гибкими арматурными стержнями класса S500.

Цель - определение возможности использования плит из пенобетона объёмным весом 600 кг/м^3 выполненных с применением пенообразователя на основе гидроизолята протеина, для перекрытий жилых зданий, в соответствии с действующей для такого типа нагрузкой. Сопоставить экспериментальные и теоретические результаты исследования прочности изгибаемых армированных элементов из пенобетона.

В соответствии с поставленными задачами запроектированы и изготовлены опытные образцы в виде плит прямоугольного сечения в количестве двух штук с размерами сечения $262 \times 600 \text{ мм}$ и $279 \times 601 \text{ мм}$, длиной 3000 мм , армированные продольными стержнями диаметром 10 мм из стали класса S500.

Для исключения продёргивания (нарушения анкеровки) к концевым участкам продольной арматуры были приварены уголки «№63».

Опытные образцы были изготовлены в учебном корпусе кафедры «Строительные конструкции» Полоцкого государственного университета. Формование образцов произведено из бетона одного замеса в опалубке из деревянных щитов с металлической обшивкой. Характеристики образцов представлены в табл. 1.

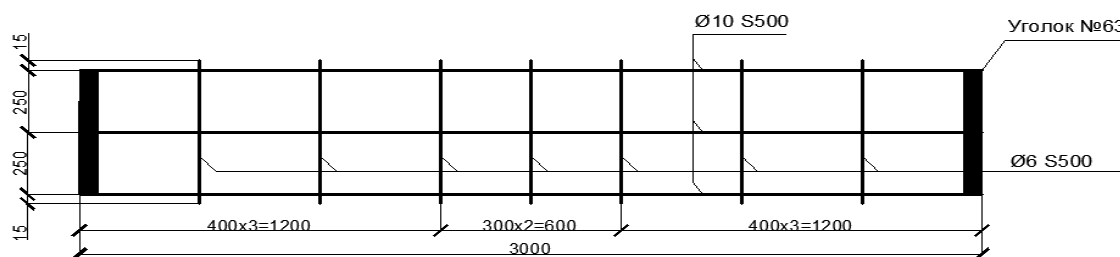


Рисунок 1. – Арматурная сетка

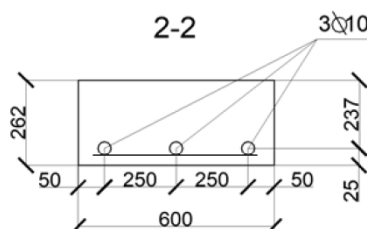


Рисунок 2. – Армирование ПИТ

Для определения физико-механических характеристик материала, одновременно с изготовлением основных образцов, изготавливались контрольные образцы пенобетона в виде кубов с размером ребра 100 мм (8 штук) и призм размерами $100 \times 100 \times 400 \text{ мм}$ (3 штуки).



Рисунок 3. – Арматурная сетка, уложенная в опалубку

Испытание на сжатие бетонных призм производилось на прессе с измерением деформаций на каждой из граней. Призменная прочность бетона f_{ck} определялась отношением разрушающей нагрузки к фактической площади поперечного сечения призмы. Начальный модуль упругости бетона при сжатии определялся на основании измерения деформаций призм. Аналогично определялась кубиковая прочность бетона $f_{c,cube}$.

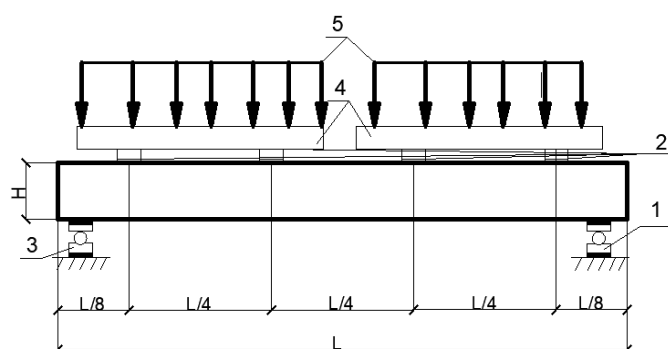
Таблица 1. – Физико-механические характеристики бетона опытных плит

Кубиковая прочность бетона $f_{c,cube}$, МПа	Призменная прочность бетона f_{ck} , МПа	Модуль упругости бетона E_c , МПа
0.781	0.625	11.27

Методика проведения экспериментальных исследований. Испытания опытных образцов на изгиб проводились с помощью нагружения штучными грузами в виде кубов весом 95кг. Нагрузка на балки передавалась в виде четырёх сосредоточенных, симметрично расположенных относительно опор сил. Расстояние между точками приложения сил принято постоянным, равным 750мм. В процессе испытаний конструкций проводились измерения: усилий образования и раскрытия трещин; ширины раскрытия и длины трещин; прогибов в середине пролета плит.

Ширина раскрытия наклонных трещин измерялась в местах пересечения ими стержней продольной арматуры при помощи микроскопа МПБ-2 с точностью 0.05мм.

В середине пролета плит проводились измерения перемещения точек с точностью 0.01мм прогибомером 6ПАО, также проводились измерения перемещений над опорами плит, чтобы определить и исключить осадку опор конструкции и получать непосредственно значение прогибов.



- 1-неподвижная опора
2-распределяющие пластины в виде металлических пластин
3-неподвижная опора
4-распределительные элементы
5-испытательная нагрузка

Рисунок 4. – Схема испытания опытных образцов

Анализ результатов испытаний. При начальных стадиях загрузки образовывались преимущественно нормальные трещины, как в середине плит, так и на участках совместного действия изгибающего момента и поперечной силы в приопорных зонах. Появление трещин наблюдалось на четвёртом этапе нагружения, нагрузка при этом составляла 370кгс(3.7кН).Ширина раскрытия составляла <math><0,05\text{мм}</math>.Затем в ходе испытания при дальнейшем нагружении трещины раскрывались по девятый этап нагружения-704кгс(7.04кН), ширина раскрытия составляла от 0.1мм до 0.25мм. после прохождения данного этапа нагружения скорость раскрытия замедлилась либо прекратилась, при этом наблюдалось появление и раскрытие новых трещин.

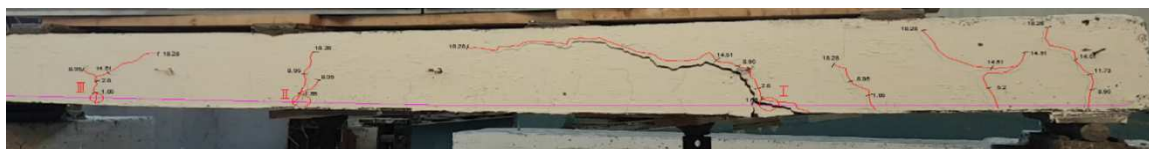


Рисунок 5. – Фото ПТМ-1 после испытания

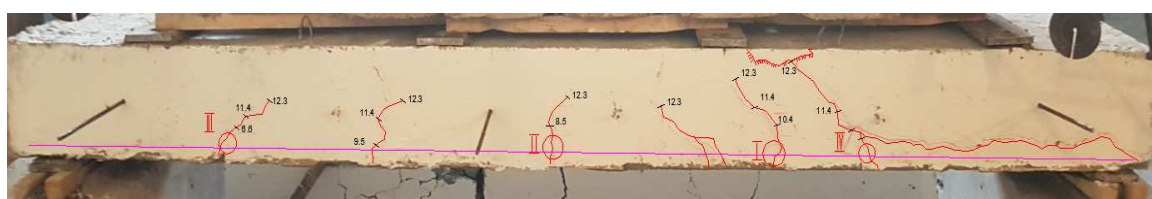


Рисунок 6. – Фото ПТМ-2 после испытания



Рисунок 7. – Фото смятия бетона анкерочным уголком в приопорной зоне

Таблица 2. – Прочность и трещиностойкость плит

Шифр балок	Геометрические размеры, мм					Опытные поперечные силы, кН			P_{cr}/P_u	$P_{0.4}/P_u$	Тип разрушения
	b	d	h	L/4	Lэф	P_{cr}	$P_{0.4}$	P_u			
ПТМ-1	600	237	262	750	3010	1.65	13.58	15.43	0,09	0,84	2
ПТМ-2	601	254	279	750	3011	3.7	10.45	11,4	0,271	0,857	1

Примечание. Типы разрушения: 1 – раздробление бетона над вершиной наклонной трещины; 2 – смятие бетона в приопорной зоне.

Таблица 3. – Соотношение опытных и расчётных значений плит

Шифр балок	Максимальная нагрузка, кН (опытные данные)	V_{RDCT}	V_{SD}	M_{Rd}	M_{Sd}
ПТМ-1	18,28	1,551	0,914	15,43	9,63
ПТМ-2	13,3	1,592	0,65	11,4	11,04

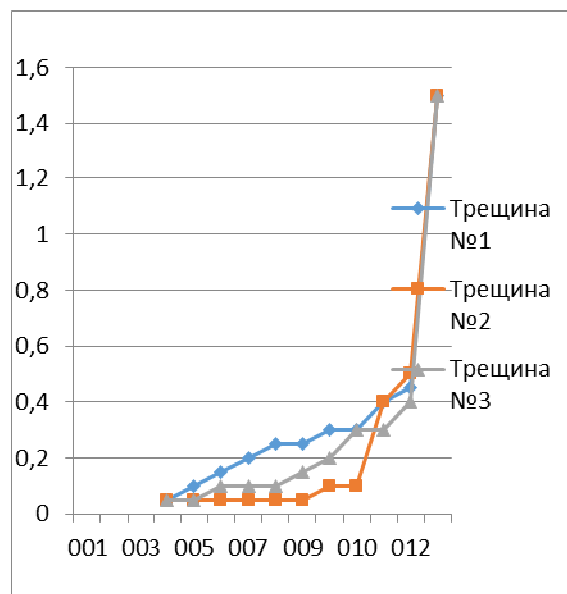


Рисунок 8. – Зависимость ширины от нагрузки плиты ПТМ-2 раскрытия трещин от нагрузки плиты ПТМ-2

Исходя из проведенного расчёта, на действие поперечных сил, по методике, используемой для расчёта тяжёлых бетонов, было выявлено, что поперечная сила возникающая в сечении обоих образцов не даёт полной сходимости с теоретическими данными, практические результаты испытаний несущей способности оказались выше теоретических данных на 10-55%, за критерий разрушения было принято раскрытие трещины более 1.5мм. Требуется проработка нормативной базы и методик расчёта лёгких (ячеистых) бетонов.

1. Плиты, изготовленные из пенобетона, могут быть использованы в качестве перекрытий малоэтажных жилых зданий.
2. Методы, используемые для расчётов тяжёлых бетонов, дают плохую сходимость результатов при расчёте конструкций из лёгких бетонов и пенобетона.
3. Фактическая несущая способность превысила теоретическую в 1.1 – 1,6 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гениев Г.А Прочность лёгких и ячеистых бетонов при сложных напряжённых состояниях.- М., 1978. – 165т с.
2. Портик А. А. Все о пенобетоне. – СПб.: 2003. – 224 с.
3. Г.А. Бужевич Лёгкие бетоны на пористых заполнителях, -Москва 1969.-273с.
4. ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ БЕТОНЫ Классификация и общие технические требования Concretes. Classification and general technical requirements
5. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия
6. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции. /Министерство архитектуры и строительства. – Минск, 2003. – 140с.
7. ГОСТ 24452-80. Бетон. – М., Изд-во стандартов, 1980. – 18с.
8. Залесов А.С., Попов Г.И., Усенбаев Б.У. Расчет прочности приопорных участков балок на основе двухблочной модели// Бетон и железобетон. – 1986, №2 – с.34-35.
9. Изотов Ю.Л. Прочность железобетонных балок. – Киев: Будзивельник, 1978. 158с.
10. Мордич А.И. Наклонные трещины в железобетонных балках при действии поперечных сил// Строительные конструкции, Минск. ИСИА., 1979 – с.15-54.
11. Пецольд Т.М., Тур В.В. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования. / Издательство БГТУ. – Минск, 2003. – 380с.

УДК 691.328.34

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ С ПЕНОБЕТОНОМ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ

А. А. КОЛТУНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)

Введение. Надежное сцепление арматуры с пенобетоном является основным фактором, обеспечивающим совместную работу арматуры и пенобетона и позволяющим ему работать под нагрузкой как единому монолитному телу. При отсутствии сцепления образование первой трещины влечет за собой возрастание удлинений на всем протяжении растянутой арматуры, что, в свою очередь, приводит к резкому раскрытию образовавшейся трещины, сокращению высоты сжатой зоны, уменьшению изгибной жесткости (EI) и снижению несущей способности. Надежное сцепление арматуры с пенобетоном создается тремя основными факторами:

1. сопротивлением пенобетона усилиям смятия среза, обусловленным выступами и другими неровностями на поверхности арматуры, т. е. механическим зацеплением арматуры за пенобетон;
2. силами трения, возникающими на поверхности арматуры благодаря обжатия арматурных стержней пенобетоном при его усадке;
3. склеиванием (адгезией) поверхности арматуры с пенобетоном благодаря вязкости коллоидной массы цементного теста.

Постановка задачи. Объектом исследования являются пенобетонные кубы с различной глубиной заделки (анкерровкой), арматурными стержнями класса S500.

Цель - определение возможности анкерровки пенобетона объёмным весом (600, 800, 1200)кг/м³ выполненных с применением пенообразователя на основе гидроизолята протеина. Сопоставить экспериментальные и теоретические результаты исследования глубины заделки арматуры для дальнейшей надёжной эксплуатации элементов из пенобетона.

Геометрические размеры опытных образцов. Были запроектированы опытные образцы в виде кубов 240x240x240 из пенобетона с различной глубиной анкерровки арматуры. Опытные образцы были изготовлены в учебном корпусе кафедры «Строительные конструкции» Полоцкого государственного университета. Формование образцов схожей плотности произведено из бетона одного замеса в опалубке из деревянных щитов с металлической обшивкой. Характеристики образцов представлены в табл. 2.

Характеристики бетона опытных образцов. Для определения физико-механических характеристик материала, одновременно с изготовлением основных образцов, изготавливались контрольные образцы пенобетона в виде кубов с размером ребра 100мм (8 штук) и призм размерами 100x100x400мм (4 штуки).

Испытание на сжатие бетонных призм производилось на прессе с измерением деформаций на каждой из граней. Призменная прочность бетона f_{ck} определялась отношением разрушающей нагрузки к фактической площади поперечного сечения призмы. Начальный модуль упругости бетона при сжатии определялся на основании измерения деформаций призм. Аналогично определялась кубиковая прочность бетона $f_{c,cube}$.

Образцы с арматурой $\varnothing 12$ испытывали с помощью 20-ти тонного проходного домкрата и гидравлической насосной станции. Стержень проводился сквозь отверстие в домкрате и заклинивался с обратной стороны цанговым зажимом. Нагружение велось поэтапно, с выдержкой на постоянном уровне каждой ступени в течении 10 минут.

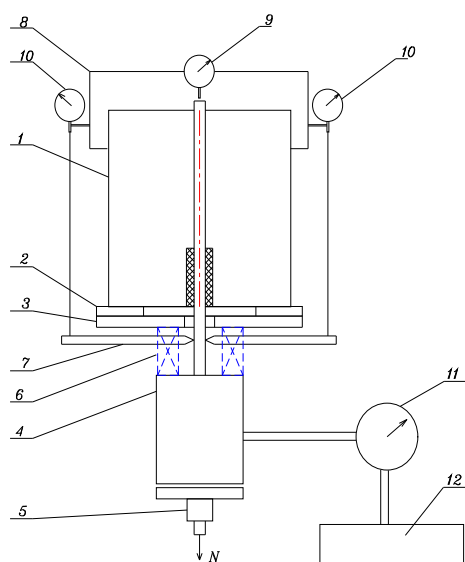
Перемещения арматуры на не нагруженном (свободном) конце измерялись индикатором часового типа с ценой деления - 0,001 мм, жестко закрепленном на струбине, устанавливаемой на верхней части бетонного образца и соединяемой с наружными слоями бетона, практически не деформируемыми при нагружении из-за наибольшего их удаления от стержня. Перемещения арматуры на нагруженном конце измерялись при помощи пары индикаторов часового типа с ценой деления - 0,01 мм, жестко установленных на струбине с двух противоположных сторон образца.

Таблица 1. – Физико-механические характеристики бетона опытных образцов

Кубиковая прочность бетона $f_{c,cube}$, МПа	Призменная прочность бетона f_{ck} , МПа	Модуль упругости бетона E_c , МПа
0.781	0.625	11.27

Таблица 2. – Прочностные характеристики опытных образцов

№	Наименование	Глубина анкеровки	Размеры мм			Объёмный вес кг/м.куб	Разрушающая нагрузка кН	Класс арматуры
			b	h	l			
1	К-1	12Ø	240	240	240	600	0,6	S500
2	К-2	12Ø					0,4	
3	К-3	12Ø					0,45	
4	К-4	12Ø				800	1	
5	К-5	12Ø					0,75	
6	К-6	12Ø					0,7	
7	К-7	12Ø				1200	3,8	
8	К-8	12Ø					2,4	
9	К-9	12Ø					2	



1 – опытный образец; 2 – стальная опорная пластина; 3 – пластина для опирания домкрата;
4 – домкрат; 5 – цанговый зажим; 6 – опорные элементы; 7, 8 – струбцина;
9, 10 – индикатор часового типа; 11 – манометр; 12 – насосная станция

Рисунок 1. – Схема установки для испытаний на выдёргивание

В результате испытаний было установлено: нарушение сцепления арматуры с бетоном происходило в результате проскальзывания арматурного стержня относительно окружающего бетона.

Был произведён расчёт длины анкеровки в бетоне в соответствии с действующими нормативными документами.

Расчетную длину анкеровки l_{bd} определяют по формуле

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{brqd} \geq l_{b,min},$$

где l_{brqd} – требуемая базовая длина анкеровки;

$l_{b,min}$ – минимальная длина анкеровки;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – коэффициенты, приведенные в таблице 11.2, СП 5.03.01-2020;

$l_{bd} = 2571$ мм.

В результате проведённой работы и полученных данных подтвердилась возможность применения плит из пенобетона в качестве конструкций междуэтажных перекрытий. Однако, без установки дополнительных анкеров, использование арматуры в пенобетоне не допускается, так как отсутствует связь в зоне передачи воздействия, невозможно обеспечить совместную работу бетона и арматуры.



Рисунок 2. – Состояние арматурного стержня и куба из пенобетона после нарушения сцепления

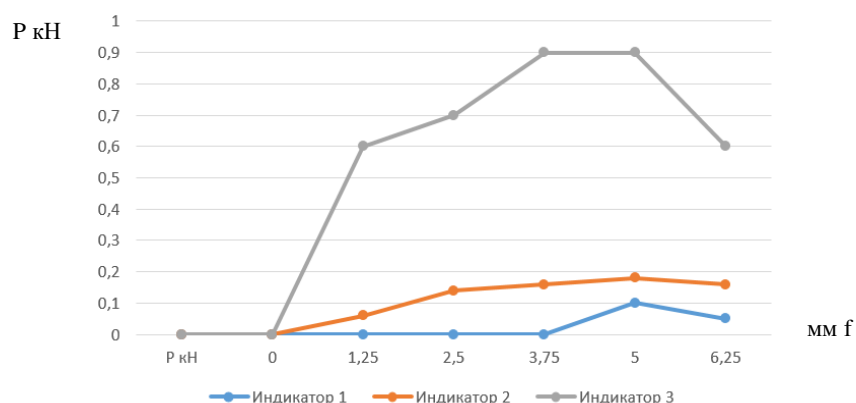


Рисунок 3. – График перемещения арматурного стержня относительно пенобетона (800 кг/м куб.) с анкерровкой в 120 мм

ЛИТЕРАТУРА

1. Али Абдель Захир Эль-Сайед Халил. Анкеровка продольной ненапрягаемой арматуры серповидного профиля на свободных опорах балок: Дис.... канд. техн. наук: 05.23.01. – М., 1992 г. – 212 с.
2. Алиев Р.Д. Расчет прочности элементов по наклонным сечениям // Бетон и железобетон. - 1993. - №9. – С. 35-37.
3. Алиев Ш.А. Совместная работа бетона и стержневой арматуры периодического профиля: дис ... канд. техн. наук. 05.23.01. - Баку, 1964. – 175с.
4. Алиев Ш.А. Сопротивление бетона раскалыванию арматурой // Сб. тр. ВНИИЖелезобетон. – М., 1961. – Вып.5. - С. 61-78.
5. Альшайх Имад Мохаммед Форзат. Исследование прочности анкеровки стержневой арматуры в центрифугированном бетоне: Дис.... канд. техн. наук: 05.23.01. – Мн., 1993 г. – 185 с.
6. Астрова Т.И. Анкеровка арматурных стержней периодического профиля в бетонах средней и высокой прочности // Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций: Сб. тр. НИИЖБ, вып. 26. – М.: Госстройиздат, - 1962.
7. Астрова Т.И. Особенности сцепления стержневой арматуры с бетоном при испытании на выдергивание. // Сцепление арматуры с бетоном: Краткое изложение сообщений на конференции по проблеме сцепления арматуры с бетоном. – М.: НИИЖБ, –1968. – С. 38-39.
8. Астрова Т.И., Дмитриев С.А., Мулин Н.М. Анкеровка стержней арматуры периодического профиля в обычном и предварительно напряженном железобетоне. // Расчет железобетонных конструкций: Сб. тр. НИИЖБ. - М., 1961. –С.74 – 126.
9. Астрова Т.И., Овчинникова Н.Г. Влияние состава высокопрочного бетона на деформативность сцепления с арматурой периодического профиля // Бетон и железобетон. - 1996. - №9.
10. Ахвердов И.Н. Влияние усадки, условий твердения и циклических температурных воздействий на сцепление бетона с арматурой // Бетон и железобетон. - 1968. - №12.
11. Байков В.Н. Расчет изгибаемых элементов с учетом экспериментальных зависимостей между напряжениями и деформациями для бетона и высокопрочной арматуры. – Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1985. - №5. – 48 с.

УДК 624.012.15:624.012.25

**ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СЖАТЫХ АРМОКАМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
С УЧЕТОМ СП 5.02.01-2021
«КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»****Я. Н. МАЦКЕВИЧ, А. С. СТУК**
(Представлено: А. М. ХАТКЕВИЧ)

Приведен деформационный метод расчета сжатых армокаменных элементов, учитывающий физическую нелинейность деформирования их материалов. Данный метод позволяет моделировать работу поперечных сечений армокаменных элементов при действии сжимающих усилий и описывать их напряженно-деформированное состояние на любом этапе нагружения.

Введение. В строительной практике весьма широкое применение нашли каменные и армокаменные элементы, работающие на сжатие: столбы, простенки, фундаменты, пилоны. От правильности обоснования их геометрических размеров и назначения прочностных характеристик кладочных материалов и армирования зависит как экономичность, так и безопасность проектных решений.

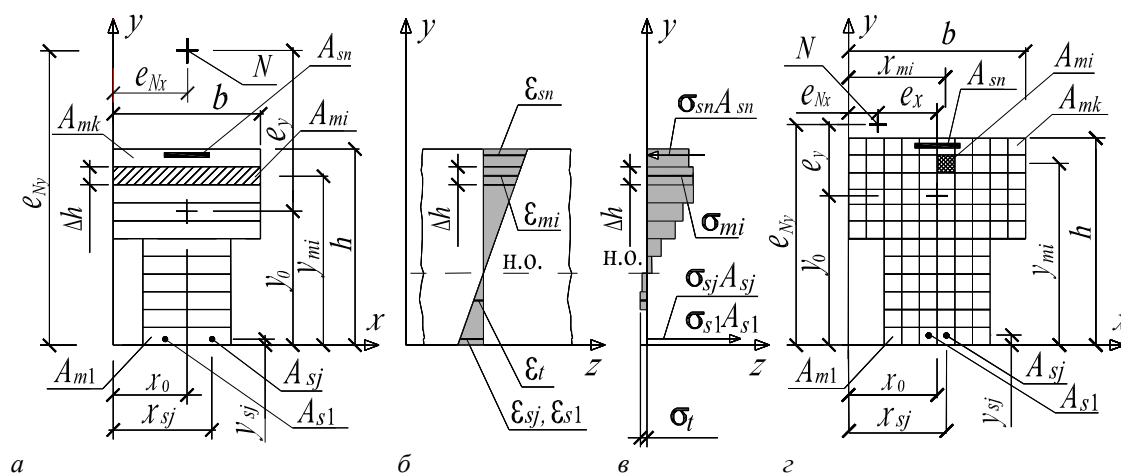
Общие положения расчета сопротивления сжатию армокаменных элементов при изгибе, изгибе с внецентренным и центральным сжатием согласно СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции» [1]:

- поперечные сечения конструкций после приложения нагрузки остаются плоскими (гипотеза плоских сечений);
- относительные деформации арматуры равны относительным деформациям окружающей каменной кладки или материалов заполнения (кладочного раствора или бетона);
- прочность на растяжение каменной кладки в расчетах не учитывают;
- максимальные относительные деформации укорочения каменной кладки принимают в зависимости от ее вида;
- максимальные относительные деформации удлинения арматуры принимают в зависимости от ее вида;
- диаграмму деформирования каменной кладки принимают параболической или параболически-линейной;
- диаграмму деформирования для арматуры принимают в соответствии с СП 5.03.01 «Бетонные и железобетонные конструкции» [2];
- предельные значения относительной деформации укорочения наиболее сжатой грани сечения армированных конструкций $\varepsilon_{\text{ти}}$ не превышают (-0,0035) для кладочных изделий 1-й группы и (-0,002) для кладочных изделий 2-й группы.

Общие положения расчета не противоречат условиям применения деформационного метода, позволяющего учесть физическую нелинейность деформирования материалов армокаменных элементов. При этом СП 5.02.01-2021 [1] не предлагает способов реализации указанных выше общих положений расчета на практике.

Метод расчета сжатых армокаменных элементов с учетом физической нелинейности. Деформационный метод расчета позволяет рассчитывать параметры напряженно-деформированного состояния поперечных сечений сжатых армокаменных элементов на любой стадии нагружения, основан на учете физической нелинейности в виде диаграмм деформирования кладки и арматуры; он рассматривался в работах [3; 4; 5].

Поперечное сечение короткого армокаменного элемента может состоять из различных материалов в любой комбинации: неармированной каменной кладки, кладки с поперечным армированием в горизонтальных растворных швах в виде сеток, продольной стальной арматуры в бетоне либо растворе. Кладку с поперечным армированием в горизонтальных растворных швах в виде сеток рассматриваем как однородный материал с осредненными физико-механическими характеристиками, описываемыми диаграммами деформирования. Поперечное сечение рассматривается как совокупность k элементарных площадок (слоев) с площадью i -й площадки (слоя) A_{mi} и n стержней продольной стальной арматуры с площадью сечения j -го стержня A_{sj} . В пределах элементарных площадок (слоев) нормальные напряжения σ считаются равномерно распределенными, равными среднему значению напряжений на границах площадок (слоев). Продольное сжимающее усилие N действует на расстоянии e_{Ny} и e_{Nx} от произвольно выбранных осей, на расстоянии e_y и e_x от центра тяжести сечения (рис.1).



a – расчетное поперечное сечение при простом внецентренном сжатии ($e_y > 0, e_x = 0$);
б – распределение по сечению относительных деформаций ϵ_z ;
в – распределение по сечению нормальных напряжений σ ;
г – расчетное поперечное сечение для общего случая внецентренного сжатия ($e_y > 0, e_x > 0$)

Рисунок 1. – Расчетная схема короткого армокаменного элемента

Продольная стальная арматура короткого армокаменного элемента работает совместно с ним на всех уровнях нагружения (стадиях деформирования под нагрузкой). Распределение относительных деформаций ϵ_z по поперечному сечению короткого армокаменного элемента принимается линейным исходя из условия соблюдения гипотезы плоских сечений. Тогда для i -й элементарной площадки и j -го стержня продольной стальной арматуры справедливо следующее:

$$\begin{cases} \epsilon_{mi} = \frac{1}{r_y} (y_{mi} - y_0) + \frac{1}{r_x} (x_{mi} - x_0) + \epsilon_N \\ \epsilon_{sj} = \frac{1}{r_y} (y_{sj} - y_0) + \frac{1}{r_x} (x_{sj} - x_0) + \epsilon_N \end{cases} \quad (1)$$

где $\epsilon_{mi}, \epsilon_{sj}$ – относительные деформации в i -й элементарной площадке и j -м стержне продольной стальной арматуры соответственно;

$1/r_y, 1/r_x$ – кривизна в плоскости оси y и x соответственно;

y_{mi}, x_{mi} – координаты центра тяжести i -й элементарной площадки (слоя);

y_0, x_0 – координаты центра тяжести расчетного поперечного сечения;

ϵ_N – относительная деформация сжатия от действия продольного усилия N ;

y_{sj}, x_{sj} – координаты j -го стержня продольной стальной арматуры.

Каждые элементарная площадка и стержень продольной стальной арматуры испытывают сжатие или растяжение. На любом уровне нагружения напряжения в элементарных площадках кладки σ_{mi} и стержнях продольной стальной арматуры σ_{sj} связаны с относительными деформациями $\epsilon_{mi}, \epsilon_{sj}$ через секционные модули деформаций E'_{mi}, E'_{sj} материалов кладки и продольной стальной арматуры соответственно:

$$\begin{cases} \sigma_{mi} = f(\epsilon_{mi}) = E'_{mi} \times \epsilon_{mi} \\ \sigma_{sj} = f(\epsilon_{sj}) = E'_{sj} \times \epsilon_{sj} \end{cases} \quad (2)$$

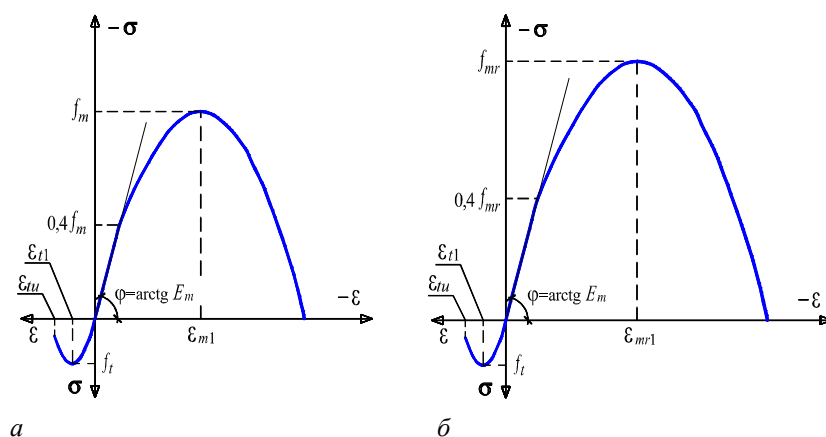
Используя уравнения равновесия, условия распределения относительных деформаций в соответствии с гипотезой плоских сечений (1), связь между напряжениями и деформациями по (2), разрешающие уравнения для общего случая внецентренного сжатия имеют вид:

$$\begin{aligned} \epsilon_N \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} \right) + \frac{1}{r_x} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (x_{mi} - x_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (x_{sj} - x_0) \right) + \\ + \frac{1}{r_y} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (y_{mi} - y_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (y_{sj} - y_0) \right) - N = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \varepsilon_N \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (x_{mi} - x_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (x_{sj} - x_0) \right) + \\ & + \frac{1}{\gamma_x} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (x_{mi} - x_0)^2 + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (x_{sj} - x_0)^2 \right) + \\ & + \frac{1}{\gamma_y} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (y_{mi} - y_0) (x_{mi} - x_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (y_{sj} - y_0) (x_{sj} - x_0) \right) - N e_x = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \varepsilon_N \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (y_{mi} - y_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (y_{sj} - y_0) \right) + \\ & + \frac{1}{\gamma_x} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (y_{mi} - y_0) (x_{mi} - x_0) + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (y_{sj} - y_0) (x_{sj} - x_0) \right) + \\ & + \frac{1}{\gamma_y} \left(\sum_{i=1}^k E'_{mi} A_{mi} (y_{mi} - y_0)^2 + \sum_{j=1}^n E'_{sj} A_{sj} (y_{sj} - y_0)^2 \right) - N e_y = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Для учета физической нелинейности материалов неармированной каменной кладки и кладки с поперечным армированием в горизонтальных растворных швах в виде сеток в рамках применения разработанной методики расчета сопротивления сжатию коротких армокаменных элементов используются нелинейные параболические диаграммы деформирования « $\sigma - \varepsilon$ » (рис. 2).



а – диаграмма неармированной каменной кладки;
б – диаграмма кладки с поперечным армированием в горизонтальных растворных швах

Рисунок 2. – Диаграммы деформирования σ – ε материала кладки

Для учета физической нелинейности продольной стальной арматуры в рамках применения разработанной методики расчета сопротивления сжатию коротких армокаменных элементов используется билинейная диаграмма деформирования « $\sigma - \varepsilon$ » идеального упругопластического тела.

Деформации, соответствующие окончанию упругой работы, определяются отношением предела текучести продольной стальной арматуры f_s к ее модулю упругости E_s . Предельные значения деформаций продольной стальной арматуры для возможности учета полного перераспределения усилий между материалами коротких армокаменных элементов $\varepsilon_{su} = 20\%$. Для получения расчетных значений ε_{su} принимается в соответствии с [1, 2].

Алгоритм методики расчета сопротивления сжатию короткого армокаменного элемента на примере простого внецентренного сжатия показан на рисунке 3. На рисунке 3 $N_{\text{ли}}$ – значение сопротивления сжатию в предельной по прочности стадии.

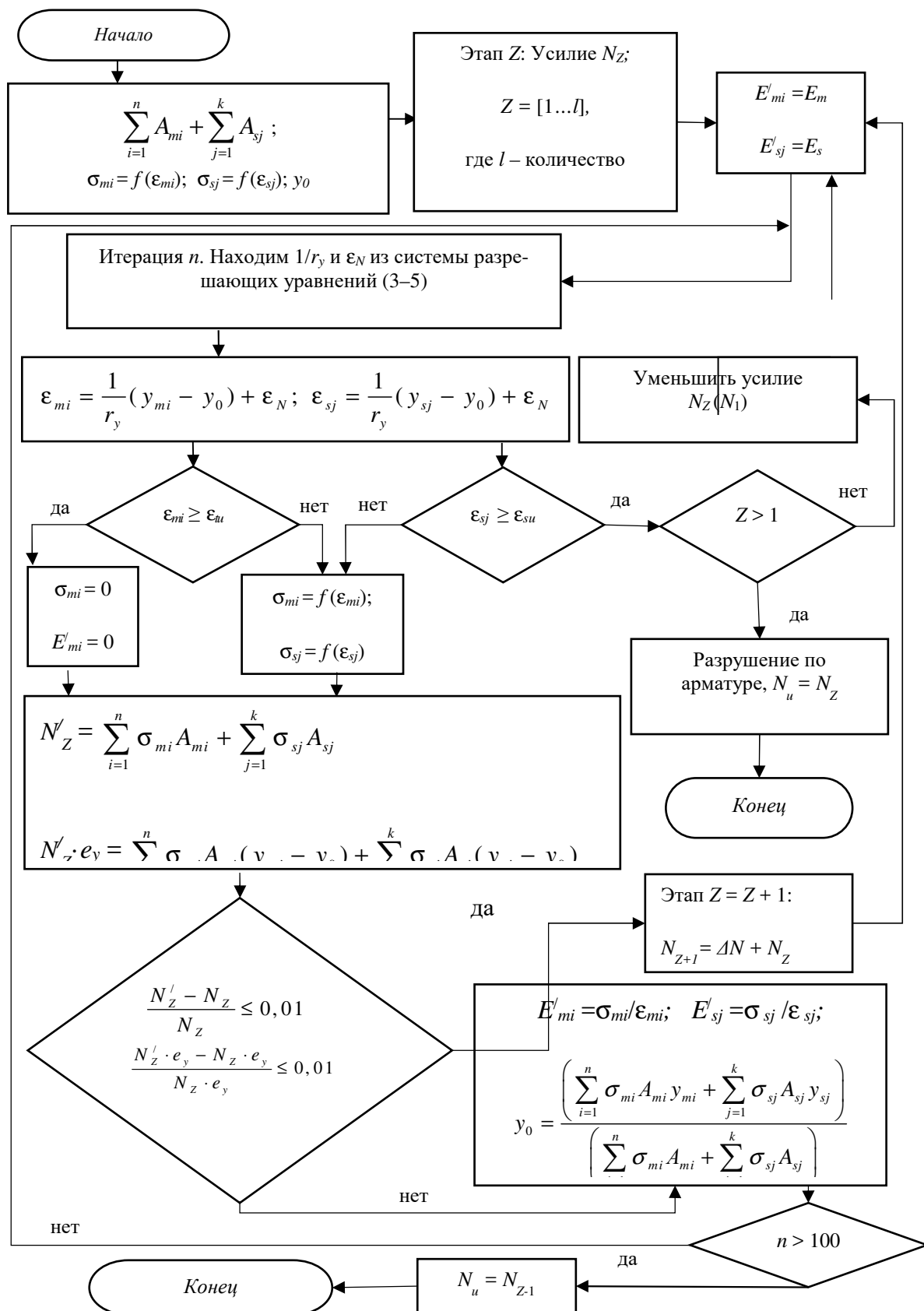


Рисунок 3. – Алгоритм методики расчета сопротивления сжатию короткого армокаменного элемента при простом внецентренном сжатии ($e_y > 0, e_x = 0$)

Разработанные алгоритмы расчета значений сопротивления сжатию армокаменных элементов, включая параметры их напряженно-деформированного состояния на любом уровне нагружения, реализованы в программном комплексе «Beta» (разработка д.т.н. Д.Н. Лазовского и к.т.н. Д.О. Глухова).

За критерий разрушения в предельной по прочности стадии предложено принимать максимальное усилие от внешней нагрузки, при котором сходятся уравнения равновесия, благодаря чему исключается необходимость нормирования параметра предельной сжимаемости, появляется возможность учета полного перераспределения усилий в сечении каменных и армокаменных элементов, состоящих из двух и более материалов с различными физико-механическими характеристиками, в т.ч. усиленных в процессе эксплуатации.

Заключение. Предложенный деформационный метод расчета сжатых армокаменных элементов позволяет

- выявлять истинное напряженно-деформированное состояние поперечных сечений армокаменных элементов на любом этапе нагружения;
- выполнять проектирование армокаменных элементов с учетом общих положений СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции» [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменные и армокаменные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. СП 5.02.01-2021. – Введ. 01.04.2021. – Минск.: Минстройархитектуры, 2021. – 123 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. СП 5.03.03-2020. – Введ. 16.09.2020. – Минск.: Минстройархитектуры, 2020. – 244 с.
3. Хаткевич, А. М. Метод расчета прочности нормальных к продольной оси сечений конструкций из каменной кладки с учетом диаграмм деформирования / А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2014. – № 8. – С. 45–53.
4. Глухов, Д. О. Метод расчета прочности сжатых каменных элементов по сечениям, нормальным к продольной оси / Д. О. Глухов, А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 73–79.
5. Лазовский, Д. Н. Расчет сопротивления сжатию каменных и армокаменных элементов с учетом физической нелинейности / Д. Н. Лазовский, А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 16. – С. 41–50.

УДК 624.012.15

**ВЕРИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО МЕТОДА РАСЧЕТА
СЖАТЫХ АРМОКАМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ СП 5.02.01-2021
«КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»**

Я. Н. МАЦКЕВИЧ, А. С. СТУК
(Представлено: А. М. ХАТКЕВИЧ)

Рассматривается возможность применения деформационного метода расчета сжатых армокаменных элементов с учетом общих положений расчета, содержащихся в нормах проектирования СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции». На сформированной выборке данных получена хорошая сходимость экспериментальных и теоретических значений.

Введение. Деформационный метод расчета железобетонных элементов нашел широкое применение в проектировании и реализован в программном комплексе «Beta» (разработка д.т.н. Д.Н. Лазовского и к.т.н. Д.О. Глухова). Деформационный метод расчета сжатых армокаменных элементов, включающий алгоритмы вычисления параметров их напряженно-деформированного состояния на всех уровнях нагружения [1, 2, 3], позволяет выполнять расчеты армокаменных элементов в соответствии с СП 5.02.01 «Каменные и армокаменные конструкции» [4]. В то же время оценка возможности применения методики требует ее верификации на выборке экспериментальных данных.

Верификация метода расчета. Проверка методики выполнялась сопоставлением теоретических (полученных в программном комплексе «Beta») и экспериментальных значений сопротивления сжатию армокаменных элементов. Сопоставление проводилось с учетом процедур и статических методов обработки результатов испытаний приложения D к ТКП EN 1990 [5].

При сравнении экспериментальных и теоретических значений фактически измеренные параметры подставляются в функцию сопротивления для определения теоретического значения $N_{u,t}$, которое затем сравнивается с экспериментальными значениями $N_{u,exp}$. Пары соответствующих значений ($N_{u,t}$, $N_{u,exp}$) наносятся на диаграмму. Если функция сопротивления является полной и точной, то положение всех точек выпадает на прямую, лежащую под углом $\pi/4$.

Для каждого экспериментального значения $N_{u,exp}$ определялась ошибка δ_i

$$\delta_i = \frac{N_{u,exp}}{b \cdot N_{u,t}} \quad (1)$$

где b – наилучшее приближение, определяемое методом «наименьших квадратов» и задаваемое выражением

$$b = \frac{\sum N_{u,exp} \cdot N_{u,t}}{\sum N_{u,t}^2} \quad (2)$$

На основе всех полученных значений δ_i , вычислялось оценочное значение коэффициента вариации ошибок V_δ с учетом того, что

$$\Delta_i = \ln(\delta_i) \quad (3)$$

Оценочное значение $\bar{\Delta}$ для $E(\Delta)$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (4)$$

Оценочное значение s_Δ^2 для σ_Δ^2 :

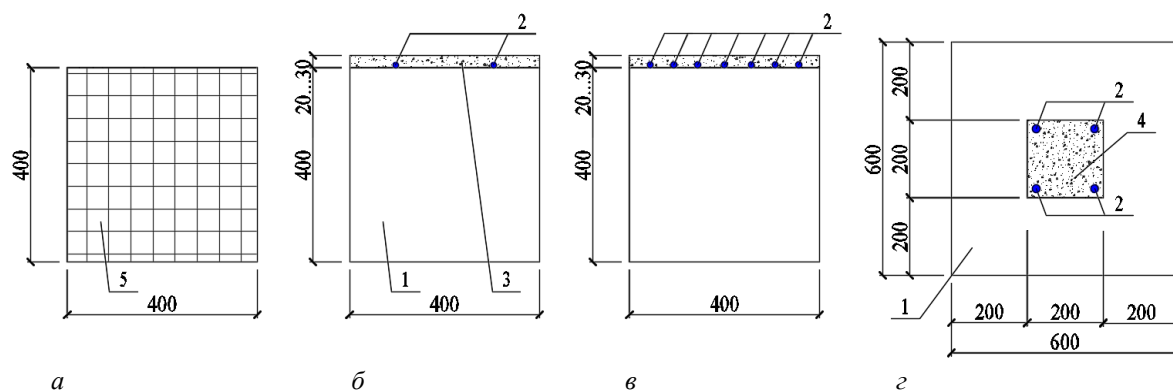
$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 \quad (5)$$

Коэффициент вариации V_δ для вектора ошибок δ определялся по формуле

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1} \quad (6)$$

В выборку экспериментальных исследований нами были включены данные по испытаниям коротких неармированных элементов и армокаменных элементов с продольным и поперечным армированием в горизонтальных растворных швах в виде сеток, полученные А. Г. Фигаровым [6] на опытных образцах из кладочных изделий из природного пиленого камня.

Схемы армирования опытных образцов в исследованиях А. Г. Фигарова приведены на рис. 1, характеристика армирования образцов – в таблицах 1, 2.



1 – неармированная каменная кладка; 2 – продольная стальная арматура;
3 – защитный штукатурный слой (раствор); 4 – мелкозернистый бетон;
5 – кладка с поперечным армированием в горизонтальных растворных швах;
а – серия Ф1–Ф3; б – серия Ф4; в – серия Ф5; г – серия Ф6 и Ф7

Рисунок 1. – Схема армирования образцов серий Ф1–Ф7, опыты А. Г. Фигарова [6]

Таблица 1. – Характеристика опытных образцов серий Ф0–Ф3

Серия	Размеры образцов (м)	Поперечное армирование	
		Процент армирования (%)	Размер ячеек $a \times b$ (см)
Ф0	0,4×0,4×1,2	–	–
Ф1	0,4×0,4×1,2	0,270	12×12
Ф2	0,4×0,4×1,2	0,656	5×5
Ф3	0,4×0,4×1,2	1,090	3×3

Таблица 2. – Характеристика опытных образцов серий Ф4–Ф7

Серия	Группа образцов	Размеры сечения (мм)	Армирование		Эксцентриситет e_0
			сжатой зоны	растянутой (менее сжатой) зоны	
Ф4	Ф4.1	400×400	–	2 Ø 11	$h/6$
	Ф4.2		–	2 Ø 11	$h/2$
	Ф4.3		–	2 Ø 11	h
Ф5	Ф5.1	400×400	–	7 Ø 12	$h/6$
	Ф5.2		–	7 Ø 12	$h/2$
	Ф5.3		–	7 Ø 12	h
Ф6	–	600×600	–	4 Ø 16	0
Ф7	–	600×600	–	4 Ø 25	0

Данные экспериментальных $N_{и,exp}$ и теоретических $N_{и,t}$, полученных в программном комплексе «Beta», значений сопротивления сжатию приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Выборка результатов экспериментальных исследований, проведенных А.Г. Фигаровым [6]

Серия	Номер образца	Фактические размеры $b \times h \times l$ (мм)	e_0 (мм)	$N_{и,exp}$ (кН)	$N_{и,t}$ (кН)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Ф1	Ф1.1	400×400×1200	0	746	769
	Ф1.2	400×400×1200	0	735	769
	Ф1.3	400×400×1200	0	708	769
Ф2	Ф2.1	400×400×1200	0	667	712
	Ф2.2	400×400×1200	0	764	712
	Ф2.3	400×400×1200	0	766	712

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Ф3	Ф3.1	400×400×12700	0	763	811
	Ф3.2	400×400×1270	0	827	811
	Ф3.3	400×400×1270	0	717	811
Ф4	Ф4.1.1	400×420×1230	67	471	505
	Ф4.1.2	400×420×1230	67	589	505
	Ф4.1.3	400×420×1230	67	510	505
	Ф4.2.1	400×420×1230	200	235	278
	Ф4.2.2	400×420×1230	200	226	278
	Ф4.2.3	400×420×1230	200	256	278
	Ф4.3.1	400×420×1230	400	135	127
	Ф4.3.2	400×420×1230	400	129	127
	Ф4.3.3	400×420×1230	400	107	127
Ф5	Ф5.1.1	400×430×1230	67	500	448
	Ф5.1.2	400×430×1230	67	491	448
	Ф5.1.3	400×430×1230	67	471	448
	Ф5.2.1	400×430×1230	200	334	284
	Ф5.2.2	400×430×1230	200	353	284
	Ф5.2.3	400×430×1230	200	324	284
	Ф5.3.1	400×430×1230	400	205	183
	Ф5.3.2	400×430×1230	400	222	183
	Ф5.3.3	400×430×1230	400	192	183
Ф6	Ф6.1	600×600×1650	0	1466	1633
	Ф6.2	600×600×1650	0	1610	1633
	Ф6.3	600×600×1650	0	1713	1633
Ф7	Ф7.1	600×600×1650	0	1593	1694
	Ф7.2	600×600×1650	0	1469	1694
	Ф7.3	600×600×1650	0	1586	1694

Диаграмма сравнения экспериментальных и теоретических значений сопротивления сжатию армокаменных образцов с учетом методики приложения Д к ТКП EN 1990 [5] показана на рис. 2.

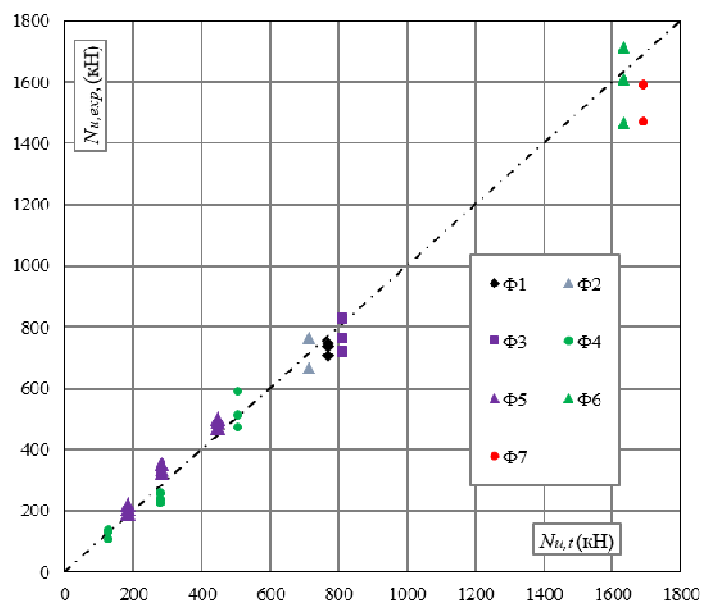


Рисунок 2. – Диаграмма $N_{u,exp}-N_{u,t}$ для выборки образцов (по испытаниям А. Г. Фигарова)

Заключение. Методика расчета сопротивления сжатию армокаменных элементов, реализованная в программном комплексе «Beta», позволяет рассчитывать элементы любой формы поперечного сечения без применения эмпирических правил и коэффициентов. Установлена хорошая сходимость эксперимен-

тальных и теоретических значений сопротивления сжатию армокаменных элементов – величина $V_s = 0,11$ при $\delta = 0,96$. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения деформационного метода расчета сопротивления сжатию армокаменных элементов, показывающего высокую сходимость теоретически рассчитанных параметров с экспериментальными и соответственно позволяющего учесть общие положения расчета СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции».

ЛИТЕРАТУРА

1. Хаткевич, А. М. Метод расчета прочности нормальных к продольной оси сечений конструкций из каменной кладки с учетом диаграмм деформирования / А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2014. – № 8. – С. 45–53.
2. Глухов, Д. О. Метод расчета прочности сжатых каменных элементов по сечениям, нормальным к продольной оси / Д. О. Глухов, А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 73–79.
3. Лазовский, Д. Н. Расчет сопротивления сжатию каменных и армокаменных элементов с учетом физической нелинейности / Д. Н. Лазовский, А. М. Хаткевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 16. – С. 41–50.
4. Каменные и армокаменные конструкции. Строительные правила Республики Беларусь. СП 5.02.01-2021. – Введ. 01.04.2021. – Минск.: Минстройархитектуры, 2021. – 123 с.
5. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций = Еўракод. Асновы праектавання будаўнічых канструкцый : ТКП EN 1990-2011* (02250). – Введ. 01.04.15. – Минск : М-во архітэктуры і стр-ва Респ. Беларусь, 2015. – VIII, 86 с.
6. Фигаров, А. Г. Прочность и упругие свойства неармированной и армированной кладки из пиленого известнякового камня Ашперонского полуострова / А. Г. Фигаров // Исследования по каменным конструкциям : сб. ст. / Акад. стр-ва и архитектуры СССР, Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций «ЦНИИСК» ; под ред. Л. И. Онищика. – М., 1957. – С. 248–268.

УДК 69.058.2

**ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ (НЕ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ) ТИПОВ АНКЕРОВ
(МЕТОД ОТРЫВ СО СКАЛЫВАНИЕМ)
И ПОЛУЧЕНИЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА,
УЧИТЫВАЮЩЕГО ГЛУБИНУ ЕГО ВЫРЫВА ИЗ КОНСТРУКЦИИ**

*Л. В. СИНЯВСКАЯ**(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)*

В статье представлен анализ испытаний по оценке прочности бетона методом отрыва со скалыванием новыми (не стандартизированными) типами анкерных устройств и получен коэффициент перехода, учитывающий глубину его вырыва из конструкции.

Введение. Согласно ГОСТ 22690-2015 [8] в методе отрыв со скалыванием рекомендуется использовать анкерные устройства типов I, II, III (Таблица А.1 [1]), однако допускается применять также другие анкерные устройства, глубина заделки которых должна быть не менее максимального размера крупного заполнителя бетона испытываемой конструкции.

Проведение испытаний. Были рассмотрены иные (не стандартизированные) типы анкерных устройств (обеспечивающих предварительное обжатие стенок отверстия на глубине заделки) и проведена серия испытаний по их вырыву из конструкции (сборной брусковой перемычки Б1.038.1-1 С12/15) с последующим испытанием той же конструкции с применением стандартного анкерного устройства III типа. Обзор испытываемых анкерных устройств (рис.1):



Рисунок 1. – Анкерные устройства нового типа (не стандартизированные)

Тип 1. Анкерный болт с кольцом 10x50. Максимальная нагрузка на выдергивание 1700кгс. Длина 5 см без учета кольца. Стоимость 3,17/уп.2шт. (Стоимость указана на 01.01.21)

Тип 2. Анкерный болт с гайкой 10x75/77. Максимальная нагрузка на выдергивание 1700кгс. Длина 8 см. Стоимость 9,97/уп. 10шт. (Стоимость указана на 01.01.21)

Тип 3. Анкерный болт с гайкой 10x120. Длина 12 см. Стоимость 2/шт. (Стоимость указана на 01.01.21, таблица 1)

Тип 4. Анкер 10x50. Максимальная нагрузка на выдергивание 1700кгс. Стоимость 7,57/10шт. (Стоимость указана на 01.01.21, таблица 1)

Для возможности выдергивания анкера в качестве дополнительного элемента использовалась рым-гайка М 12. Стоимость 3.87р/шт.

Стоимость стандартизированного анкерного устройства (рис. 2) для приборов определения прочности бетона (ПОС, ГПНС, ГПНВ)-70-80 р/шт. в зависимости от типа анкера и прибора. (Стоимость указана на 01.01.21).

После проведения испытаний приборами ГПНВ-5, ГПНС-4 со стандартизированным анкером III типа, была выполнена серия с использованием других типов анкеров, включая подбор глубины их заделки, определения величины проскальзывания.

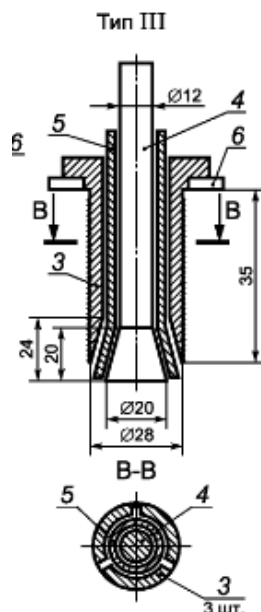


Рисунок 2. – Анкерное устройство III типа согласно [1]

Согласно п.7.6 ГОСТ 22690-2015 [1] были зафиксированы показания силоизмерителя прибора (кгс/см²) в обоих случаях, а также величина проскальзывания анкера, при этом эксперимент не считался действительным в случае проскальзывания анкерного устройства, фактическая глубина вырыва отличалась от номинальной более чем на 5 %.

Как следствие, зная усилие, полученное при проведении испытаний со стандартным анкером и нестандартным, получили поправочный коэффициент m_2' (приложение В [1]) колеблющийся от 0,70 до 1,300 в зависимости от типа анкерного устройства (анкерные устройства № 3,4)

$$m_2' = \frac{h^2}{(h-\Delta h)^2} = \frac{4^2}{3,2^2} = 1,30 - \text{для анкера №3} \quad (1)$$

$$m_2' = \frac{h^2}{(h-\Delta h)^2} = \frac{4,5^2}{4^2} = 1,27 - \text{для анкера №4} \quad (2)$$

$$R = m_1 m_2 m_2' P, \quad (3)$$

где $m_1 m_2$ – поправочные коэффициенты, учитывающие крупность заполнителя, обжатие бетона в месте вырыва;

P – усилие вырыва анкерного устройства, кгс;

R – прочность бетона конструкции на сжатие.

$R_0 = 60 \text{ кгс/см}^2$ – усредненное значение показаний силоизмерителя прибора с анкерами типов № 3,4. Усилие вырыва составляет ± 90 кгс.

$R_0 = 45 \text{ кгс/см}^2$ – усредненное значение показаний силоизмерителя прибора со стандартизированным анкером. Усилие вырыва составляет ± 70 кгс. На протяжении эксперимента наблюдалось проскальзывание.

$$m_2' = \frac{P_{\text{стандарт}} \cdot m_1 \cdot m_2}{P_{\text{нормое}} \cdot m_1 \cdot m_2} = 0,7 \quad (4)$$

Параметры нестандартизированных анкерных устройств представлны в таблице 1.

Таблица 1. – Параметры нестандартизированных анкерных устройств

Тип анкерного устройства	Диаметр анкерного устройства, мм	Глубина заделки анкерных устройств, мм	
		рабочая h	полная h'
3	10	35	40
4	10	40	45

Выводы. Из полученных результатов следует вывод, что использование других типов анкеров (не стандартизированных) возможно, однако поправочные коэффициенты требуют уточнения, применение данного метода возможно в сочетании с другими способами неразрушающего контроля прочности бетона (упругий отскок, ультразвуковой). Плюсами данного метода является возможность регулировки глубины заделки анкера в зависимости от типа конструкции (от 25-55 мм), низкая стоимость анкеров, а так же их минимальное проскальзывание в теле конструкции (максимум 5 мм); минусами наличие опыта у человека, проводящего испытание, глубокий анализ полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. БЕТОНЫ. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-2015. – Введ. 01.04.2016 – Москва: стандартинформ, 2016-23л.
2. Испытание бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264-2012 – Введ. 01.01.2013. – Минск: РУП "Стройтехнорм", 2012-30л.
3. «О проведении контроля и оценки прочности бетона» [Электронный ресурс]: постановление Министерства архитектуры и строительства, 1.09.2015 г., № 02-1/05/10168 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://mas.gov.by/uploads/documents/beton.PDF>. – Дата доступа: 13.06.2021.

УДК 69.058.5

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПО КОНТРОЛЮ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

Л. В. СИНЯВСКАЯ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)

В статье представлен анализ контроля прочности бетона неразрушающими методами, показано, какие факторы сказываются на показателях прочности бетона, а также, какое они оказывают влияние на результаты при проведении испытаний.

Введение. При рассмотрении особенностей использования методов неразрушающего контроля прочности бетона были выделены критерии, которые существенно сказываются на результатах и не зависят от качества проведения испытаний и самих приборов. Среди таких факторов можно выделить влияние неоднородности структуры бетона, категории поверхности, а также типа опалубки.

Проведение испытаний. Важным фактором при выполнении испытаний по контролю прочности бетона неразрушающими методами является неоднородность структуры бетона по сечению образца или изделия. Неоднородность свойств чаще всего проявляется по направлению от наружных слоёв конструкции к её внутренней зоне, а также по высоте сечения. Вместе с тем отмечается снижение одного из главных свойств бетона, как строительного материала, его прочности. Испытания проводились на конструкциях заводского изготовления прибором ИПС-МГ 04.03, измерения производились в разных местах конструкций (верх, середина и низ) [1]. Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

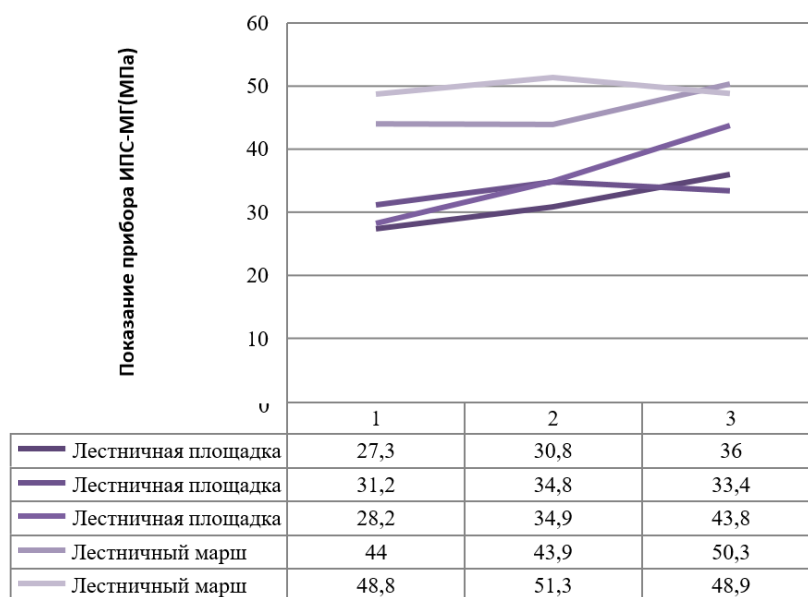


Рисунок 1. – Результаты испытаний прибором ИПС-МГ

Как видно из графика, изменение прочности бетона по сечению подтверждает высказанное положение. Кроме того, структура и свойства бетона могут колебаться в незначительных пределах в разных изделиях и образцах, даже изготовленных из одного и того же состава. Неоднородность структуры и свойств требует применения к оценке бетона вероятностно-статистических методов и должна учитываться при проектировании и организации производства бетонных и железобетонных конструкций.

Для более точного контроля прочности бетона при испытаниях выполнялась подготовка поверхности, удалялся поверхностный слой бетона (цементное молоко, зернистость).

Однако при испытании методами, основанными на механическом воздействии на поверхность бетона, необходимо учитывать тот факт, что при попадании на зерно щебня из плотной прочной породы диаметр отпечатка и высота отскока изменяются, тем самым увеличивается прочность изделия.

Для уточнения результатов испытаний была зачищена грань кубика различными абразивными материалами (мелкозернистой и крупнозернистой наждачной бумагой, а также фрезой) с категорией поверхности А6 до категории поверхности А2 и проведены испытания методом ударного импульса (табл.1).

Таблица 1. – Влияние категории поверхности на прочность бетона

Вид обработки поверхности	Средняя прочность бетона на осевое сжатие	Среднее арифметическое отклонение профиля Ra	Класс шероховатости
Торцевая алмазная чашка+ шлифовальная машинка FD 339	0,87	60	1-Ш
Торцевая алмазная чашка+ шлифовальная машинка FD340	0,94	65	2-Ш
Механизированная обработка наждачной бумагой зернистостью 60ед.	0,79	90	1-Ш
Механизированная обработка наждачной бумагой зернистостью 200ед.	1,15	40	3-Ш
Ручная обработка наждачной бумагой зернистостью 60ед.	0,96	15	1-Ш
Полировка вручную 400 ед.	1,25	10	1-Ш

По результатам испытаний бетонных кубов 100х100 была построена градуировочная зависимость. Из рисунков видно, как изменяется поверхность бетона при подготовке ее различными способами (рис. 2–4).

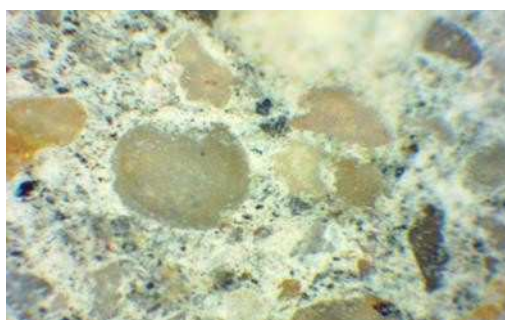


Рисунок 2. – Зачистка мелкозернистой наждачной бумагой

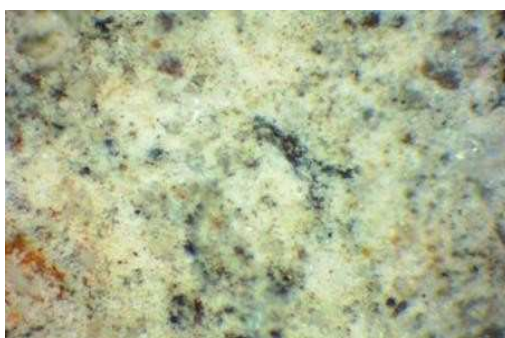


Рисунок 3. – Зачистка крупнозернистой наждачной бумагой

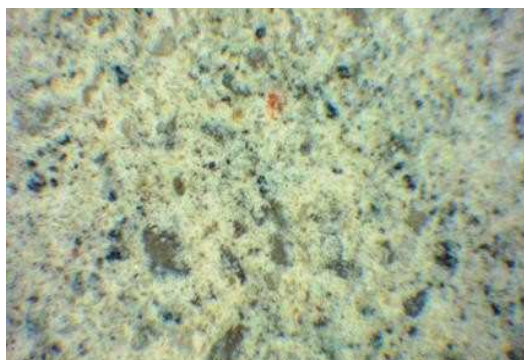


Рисунок 4. – Зачистка фрезой

Выводы. Выделены факторы, от которых зависят показатели прочности бетона. Неоднородность структуры и свойств требует применения к оценке бетона вероятностно-статистических методов. Влияет на результаты испытания и шероховатость поверхности бетона. С увеличением прочности бетона глубина вмятин и ее изменение в связи с ростом прочности уменьшаются и соответственно понижается точность испытаний, зачистка поверхностей до эталона (категория А1) сказывается на контроле прочности бетона такими методами как ударный импульс и пластическая деформация.

ЛИТЕРАТУРА

1. БЕТОНЫ Правила контроля и оценки прочности: ГОСТ18105-2018. – Введ. 01.01.2020 – М. : Стандартинформ, 2019. – 20 л.
2. Испытание бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264-2012 – Введ. 01.01.2013. – Минск : Стройтехнорм, 2012. – 30 л.

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 622.629.24

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ВЫБРОСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА В АТМОСФЕРУ И ИХ ИСТОЧНИКИ

Н. А. БОГДАНОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. СПИРИДЕНОК)

В данной статье рассмотрены и проанализированы варианты современных методов производств, обеспечивает экологическую безопасность, варианты утилизации газа на ПХГ, а также подробно рассмотрен и выведен график способа утилизации низконапорного газа.

Основная часть. Одной из основных проблем, стоящих перед газовой промышленностью и определяющих перспективы ее дальнейшего развития, можно назвать проблему снижения расхода энергоресурсов на нужды отрасли. В настоящее время, когда отрасль добывает немногим более 700 млрд. м³ газа в год, ежегодно расходуется на собственные нужды около 40-50 млрд. м³, эта проблема выглядит особенно остро.

Существует и экологическое воздействие на окружающую среду, связанное с увеличением в атмосфере концентрации метана. Последние годы происходит усиление общественного внимания к сохранению озонового слоя и глобальному потеплению климата. В ряду парниковых газов метан занимает второе место после углекислого газа по степени опасности для окружающей среды.

Экономия топливно-энергетических ресурсов и охрана окружающей среды – две неразрывно связанные и актуальные проблемы, решению которых во всем мире уделяется большое внимание.

Для Республики Беларусь, являющейся транзитной страной по доставке природного газа в Европу, вопросы энергосбережения и энергоэффективности являются приоритетным направлением деятельности общества «ОАО Газпром трансгаз Беларусь», и представляют собой комплекс программных мер, направленных на создание необходимых условий организационного, материального, финансового характера для рационального использования и экономного расходования топливно-энергетических ресурсов.

ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» применяет новейшие технологии и самые современные методы производств, обеспечивает экологическую безопасность объектов и снижает экологические риски [1], осуществляя:

- разработку и внедрение эффективных ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий, направленных на охрану окружающей среды;
- оценку воздействия на окружающую среду и уровней возможных изменений;
- комплексное восстановление нарушенных природных систем на территориях строительства и эксплуатации объектов;
- своевременное проведение технической диагностики, профилактических и ремонтных работ;
- совершенствование системы производственного экологического контроля.

В последние годы белорусская дочерняя компания реализовала ряд природосберегающих проектов. Подтверждая свой статус экологически ответственного предприятия, помимо работы, направленной на соблюдение природоохранных требований национального законодательства, ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» берет на себя и дополнительные добровольные обязательства по охране окружающей среды. Основным направлением этой работы является уменьшение производственных потерь природного газа.

Основным источником потерь природного газа на Осиповичском ПХГ являются перетоки газа. Перетоки газа на стадии эксплуатации ПХГ относятся к пластовым потерям газа и связаны с его миграцией из объекта хранения за замок ловушки или контрольные горизонты при нарушении герметичности «покрышки» объекта хранения. Пластовые потери обусловлены тем, что современный уровень разведки структур для хранения газа не позволяет однозначно определить герметичность «покрышки» объекта хранения.

К пластовым потерям принято относить:

- газ, находящийся за пределами ловушки и изолированный от основной залежи ПХГ;
- газ, мигрирующий в вышележащие водоносные горизонты и не участвующий в технологии отбора газа и не оказывающий влияния на процесс эксплуатации хранилища.

Пластовые потери газа при эксплуатации ПХГ вызваны как геологическими, так и техническими причинами, проявляющимися самостоятельно или совместно.

Пластовые потери газа по геологическим причинам присущи хранилищам с водонапорным режимом, сооружаемым в сложных горно-геологических условиях. К геологическим причинам, вызывающим пластовые потери, относят наличие тектонических нарушений и литологических «окон» в основной покрове, непосредственно перекрывающей объект хранения газа [2].

Потери газа по техническим причинам имеют место на многих действующих ПХГ, сооружаемых как в водоносных пластах, так и в истощенных месторождениях. Частным случаем таких потерь являются перетоки газа в вышележащие горизонты и на поверхность, наблюдаемые по отдельным скважинам. Потери газа по техническим причинам, как показывает практика, носят локальный характер, контролируются различными промыслово-геофизическими методами.

При пластовых потерях газ может образовывать вторичные (техногенные) залежи в вышележащих контрольных горизонтах и за проектным контуром газоносности хранилища. К пластовым потерям следует относить такие техногенные залежи, из которых при существующей технике и технологии экономически нецелесообразно отбирать газ и принимать меры к недопущению его дальнейшего накопления.

Утилизация переточного газа на объектах ПХГ предназначена для предотвращения скопления природного газа за пределами ловушки, в прилегающих горизонтах, и загрязнения окружающей среды. Технология утилизации переточного газа позволяет существенно снизить пластовые потери газа за счет его дальнейшего полезного использования.

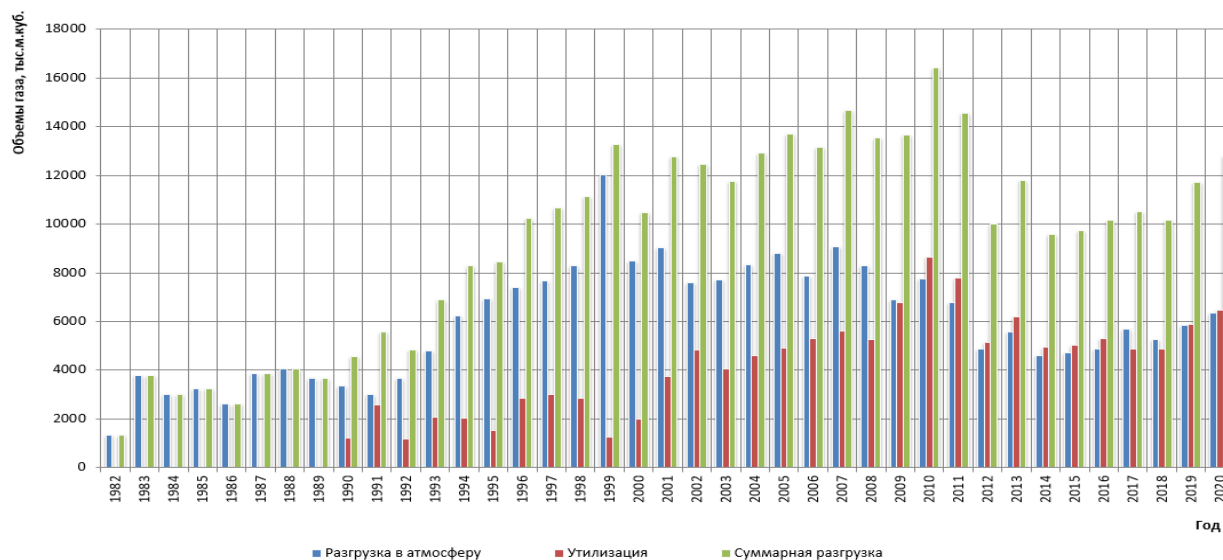


Рисунок 1. – Общая утилизация природного газа

Возможные варианты утилизации газа на ПХГ:

- эжектирование газа с использованием компрессоров;
- газификация близлежащих населенных пунктов;
- компримирование газа;
- использование низконапорного газа на собственные технологические нужды и в качестве топлива для генераторных установок по производству электроэнергии.

Эжектирование газа с использованием компрессоров теоретически возможно закачивать в трубопровод и в шлейф эксплуатационной скважины в дальнейшем использовать на собственные нужды.

Газификация близлежащих сел также связана с частичной утилизацией перетекающего газа. Однако, в виду сезонных колебаний потребления газа местными потребителями не позволяет полностью утилизировать перетекающий газ так как его объемы значительно больше.

Таким образом, наиболее целесообразной схемой утилизации в настоящее время является использование низконапорного газа, отбираемого из техногенных залежей, путем использования компрессорной установки, для подачи его в газопровод, либо использование его на газогенераторных установках для выработки электроэнергии, что обеспечивает непрерывность процесса утилизации.

Подобная технология утилизации позволяет обеспечить оптимальный режим работы разгружаемых скважин и круглогодичную утилизацию техногенного газа. Целесообразность этого варианта подтверждается схемами, используемыми при утилизации пластовых потерь газа на Осиповичском ПХГ. [3]

Общая утилизация природного газа указана в «рисунке 1»

Следующим видом потерь являются технологические потери при эксплуатации ПХГ. Анализ основных источников потерь газа при эксплуатации сборных пунктов газа показал, что все потери можно представить в табличной форме в виде работ производимых при обслуживании и ремонте объектов ПХГ.

При нормальной эксплуатации сборных пунктов газа основные технологические потери газа за 1 год указаны в таблице 1.

Таблица 1. – Потери газа за год

№ п/п	Статья затрат	Потери, м ³	%, потерь
1	Продувка технологического оборудования и газопроводов. (продувка газосепараторов в период отбора газа с целью сброса пластовой воды в технологическую емкость)	22700	30,1
2	Стравливание из технологического оборудования и газопроводов (проведение капитальных ремонтов скважин, ремонтных работ на технологических нитках сборных пунктов газа, технического обследования и диагностирования газосепараторов)	52300	69,3
3	Перестановка запорной арматуры пневмоприводом	350	<1
4	Подрыв (проверка срабатывания) предохранительных клапанов	80	<1
Итого:		75430	

Вывод. Согласно проведенному анализу были определены основные источники потери газа на ПХГ и факторы, влияющие на увеличение потерь газа. Выявлены источники с наибольшими потерями газа так наибольшие количественные потери газа происходят при ремонтных работах и составляют 45-50% от общих потерь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологическая политика ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» [Электронный ресурс] : Протокол дирекции ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» 31.03.2014 № 11. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.btg.by/d/textpage/14/20/ehkologicheskaya-politika.pdf> – Дата доступа: 14.07.2021.
2. А.А. Михайловский Аналитический контроль объемов газа в пластах-коллекторах ПХГ / А.А. Михайловский. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2013. – 250 с.
3. СФШИ.40.101-2015 Очистка и промывка технологического оборудования компрессорной станции и сборных пунктов Осиповичского ПХГ, 2015.

УДК 504.06: 658.26

**К ВОПРОСУ УЧЕТА ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ****Д. В. ГУРЕЦКАЯ, Е. Ю. ДОРОФЕЕВ, А. А. ШИБЕКО**
(Представлено: канд. техн. наук А. М. НИЯКОВСКИЙ)

В статье предлагается при решении задач повышения эффективности использования первичного топлива в системах теплогазоснабжения и вентиляции включать в целевую функцию для оптимизации исследуемых вариантов показатель, характеризующий эффект декарбонизации. Приведены соответствующие обоснования и примеры расчетов.

Решение задач энергосбережения в Республике Беларусь предполагает использование следующих методов для экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР):

- снижение затрат первичного топлива на выработку тепловой и/или электрической энергии, единицы продукции в результате повышения эффективности его использования в энергопотребляющих установках;
- повышение термодинамической эффективности преобразования энергии первичного энергоносителя в целевую продукцию;
- замещение импортируемых не возобновляемых природных энергоресурсов местными возобновляемыми;
- максимальное вовлечение вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Однако эти методы не дают однозначного ответа на вопрос об экологической цене реализации подобных мероприятий, в то время как постановка такого вопроса представляется актуальной на современном этапе реализации стратегии устойчивого развития.

Эффект от реализации энергосберегающих мероприятий согласно перечисленному выше перечню может быть выражен в удельных затратах условного топлива на выработку единицы полученной производной энергии и/или продукта, термодинамическими показателями, например, эксергетическими, а также долей замещения первичного топлива вторичными и возобновляемыми ресурсами. При этом с точки зрения термодинамической эффективности наиболее весомыми являются критерии, основанные не на первом, а на втором законе термодинамики [1–5].

Однако, все эти показатели не учитывают экологические последствия от реализации энергосберегающих мероприятий, к которым, в первую очередь, следует отнести эмиссию CO₂. Именно этот критерий важно принимать в расчет при сопоставлении между собой различных вариантов повышения энергетической и экономической эффективности технических систем и технологических процессов вообще и систем теплогазоснабжения и вентиляции в частности.

Уровень эмиссии парниковых газов должен быть использован в качестве ограничения при оптимизации любой теплоэнергетической системы, что ранее уже было показано в работах [6; 7]. В работе [8] предлагается использовать для этого удельную эмиссию в расчете на единицу эксергии используемых при сжигании ТЭР (Таблица 1).

Таблица 1. – Расчет удельной эмиссии CO₂ при сжигании различных видов топлив^{*)}

Вид топлива	Теплотворная способность (низшая), кДж/кг топлива (при влажности древесины 40 %)	Химическая (реакционная) эксергия, отнесенная к 1 кг топлива, кДж/кг	Эмиссия CO ₂ , отнесенная к теплотворной способности топлива, кгCO ₂ /кДж	Эмиссия CO ₂ , отнесенная к 1 кг топлива, кгCO ₂ /кг	Эмиссия CO ₂ в расчёте на единицу удельной эксергии топлива, кгCO ₂ /(кДж/кг)
Дрова (сосна)	10986	12268	0,112	1230	0,1003
Дрова (берёза)	10815	12106	0,112	1211	0,1001
Дрова (ольха)	10805	12109	0,112	1210	0,0999
Дрова (осина)	10617	11905	0,112	1189	0,0999
Дрова (ель)	10769	12096	0,112	1206	0,0997
Природный газ	49000	51101	0,0544	2666	0,0522

^{*)} при определении величин теплотворной способности и эксергии топлив использованы сведения, приведённые в [9]

Используем данные таблицы 1 для оценки экологических последствий энергосберегающего мероприятия по переводу котельной с использования природного газа на сжигание местного древесного топлива, приняв в расчет следующие характеристики процесса:

- КПД котла при сжигании газа 90 %;
- КПД котла при сжигании древесного топлива 60 %;
- древесное топливо представлено осинной, имеющей влажность 40 %;
- тепловая мощность котельной 1000 кДж/с.

В этом случае затраты природного газа по теплотворной способности составят в эквиваленте:

- при сжигании природного газа 1111,1 кДж/с;
- при сжигании древесного топлива 1667 кДж/с.

При этом будет производиться эмиссия CO₂ в следующих объемах:

- при сжигании природного газа $1111,1 \times 0,0522 = 58$ кг/с;
- при сжигании древесного топлива $1667 \times 0,0999 = 166,5$ кг/с.

Таким образом, замещение природного газа местным древесным топливом привело к возрастанию эмиссии CO₂ в атмосферу почти в 2,9 раза.

Выводы:

1. При разработке энергосберегающих мероприятий следует при их оптимизации и выборе производить оценку эмиссии парниковых газов в атмосферу как дополнительного ограничения.

2. Показано, что при замещении природного газа древесным топливом эмиссия CO₂ значительно (в 2,9 раза) возрастает, в зависимости от КПД котельных установок при различных видах используемого топлива.

3. При выполнении технико-экономических обоснований энергосберегающих мероприятий целевая функция для расчета экономического эффекта должна быть дополнена показателями стоимости валового выброса CO₂, который будет иметь место при каждом варианте рассматриваемых мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключников, А.Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения / А.Д. Ключников // Промышленная энергетика. – № 4. – 2001. – С. 12–17.
2. Сазанов, Б.В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий/ Б.В.Сазанов, В.И. Ситас. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
3. Романюк, В.Н. Интенсивное энергосбережение в промышленных теплотехнологиях / В.Н. Романюк; под общ. ред. д.т.н., проф., акад. НАН Беларуси Б.М. Хрусталева. – Минск: БНТУ, 2009. – 380 с.
4. Романюк, В.Н. Пути повышения эффективности использования первичного топлива в Республике Беларусь / В.Н. Романюк, Д.Б. Муслина, А.А. Бобич // Энергетическая стратегия. – 2013. – № 3. – С. 39–43.
5. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М.Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
6. Нияковский, А. М., Москалёнок, Ф. И., Сидорова, А. Ю. 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 докладов 50 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой году науки. Том 1. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2017г. С. 299–302.
7. Нияковский, А.М., Москалёнок, Ф.И., Сидорова, А.Ю. К вопросу выбора расчётной производительности системы горячего водоснабжения при замене кожухотрубных подогревателей на пластинчатые / А. М. Нияковский, Ф. И. Москалёнок, А. Ю. Сидорова // Материалы докладов 51 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Том 1. – Витебск: ВГТУ, 2018г. – С. 376–378.
8. Нияковский, А.М. О некоторых аспектах выполнения эксергетического анализа теплоэнергетических систем с целью снижения выбросов CO₂ в окружающую среду / А. М. Нияковский // Материалы Международной научно-технической конференции Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности, Витебск, 21–22 ноября 2018 года. – С. 259–261
9. Степанов, В.С., Степанова, Т.Б., Старикова, Н.В. Определение химической энергии и эксергии древесных топлив / В.С. Степанов, Т.Б. Степанова, Н.В. Старикова // Системы. Методы. Технологии. 2017 № 1 (33) с. 91-96.

УДК 622.629.24

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВЫРАБОТКИ ГАЗА
ИЗ ШЛЕЙФОВ-ГАЗОПРОВОДОВ****А. Р. ЗАХАРОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Л. М. СПИРИДЕНОК)*

В данной статье рассмотрен основной источник потерь природного газа, был предложена модернизация технологической схемы, произведем перерасчет объема газа на высвобождение (сравливание) из технологического оборудования и газопроводов на свечу.

Основная часть. Основным источником технологических потерь газа на сборных пунктах является стравливание из технологического оборудования и газопроводов (проведение капитальных ремонтов скважин, ремонтных работ на технологических нитках сборных пунктов газа, технического обследования и диагностирования газосепараторов).

Для снижения выбросов природного газа из газопроводов и оборудования в атмосферный воздух в первую очередь необходимо направить мероприятия на утилизацию или уменьшение технологических потерь при проведении ремонтных работ на технологическом оборудовании.

На данный момент на Осиповичском ПХГ существует система утилизации природного газа, предусматривающая по окончании периода отбора газа, с целью промывки шлейфов, его выработку из эксплуатационных скважин. [1]

Однако при проведении ремонтных работ на оборудовании сборных пунктов газа, при которых необходимо высвобождение (сравливание) природного газа из полости трубопровода или оборудования, производить выработку через существующую систему утилизации газа технически невозможно. Невозможность проведения данных работ обусловлено тем, что установленный фильтр-сепаратор на узле редуцирования газа рассчитан на рабочее давление значительно меньше, чем эксплуатационное давление в технологических нитках сборных пунктов газа, а также технологическая нитка по которой производится утилизация может участвовать в закачке (отборе) газа.

В связи с этим предлагается произвести модернизацию технологической схемы и установить узел редуцирования природного газа как указано на рисунке 1. Это позволит понизить давление вырабатываемого газа до допустимого давления на входе в фильтр-сепаратор (1,6 МПа).

Схема работает следующим образом: при стравливании шлейфа-газопровода (на примере технологической нитки №1) необходимо закрыть шлейфовый кран №1-6; открыть краны №№1-8, 1С и подать газ на предлагаемый узел редуцирования (на схеме изображен красным цветом). Регулятором давления понизить давление газа до 1,6 МПа и произвести подачу газа на фильтр-сепаратор ФС. После фильтра ФС, второй ступенью редуцирования, произвести понижение давления до 0,05 МПа, с последующей подачей на:

- когенерационную установку;
- компрессорную установку БКУ «АРИЭЛЬ»;
- ГПУ-500.

При предлагаемой модернизации можно использовать и другой вариант работы технологической схемы. Она возможна при необходимости стравливания газа из технологического оборудования и трубопроводов до крана №6^б. Для этого необходимо произвести подачу газа не через свечной кран №8^б, а через существующую задавочную линию. Это позволит вырабатывать природный газ из необходимого участка без стравливания шлейфа-газопровода. Схема работает следующим образом: при стравливании газосепаратора (на примере технологической нитки №1) необходимо закрыть краны №№1-4, 1-6; открыть краны №№1-5, 13, 23Л и подать газ на предлагаемый узел редуцирования (на схеме изображен красным цветом). Регулятором давления понизить давление газа до 1,6 МПа и произвести подачу газа на фильтр-сепаратор ФС. После фильтра ФС, второй ступенью редуцирования, произвести понижение давления до 0,05 МПа.

Выработку газа из сборных пунктов необходимо производить до избыточного давления 0,05 МПа (минимальное входное давление на когенерационной установке).

Расчёт объема газа на стравливание. Произведем перерасчет объема газа на высвобождение (сравливание) из технологического оборудования и газопроводов на свечу при условии, что давление избыточного газа в оборудовании составит 0,05 МПа по формуле [2]:

$$Q_{\text{стр}} = K_c \cdot V \cdot \left(\frac{P_n}{T_n + z_n} - \frac{P_k}{T_k + z_k} \right),$$

где K_c – коэффициент приведения объема газа к стандартным условиям (2893,17 К/МПа);
 V – геометрический объем опорожняемого оборудования, м³;
 P_H – абсолютное давление газа в оборудовании до стравливания, МПа;
 P_K – абсолютное давление газа в оборудовании после стравливания, МПа;
 T_K – температура газа до стравливания, К;
 T_k – температура газа после стравливания, К;
 Z_K – коэффициент сжимаемости газа при P_H и T_H ;
 Z_k – коэффициент сжимаемости газа при P_K и T_K .

$$Q_{стр} = 2893,17 * 1025 * \left(\frac{0,13}{293 * 0,9998} - \frac{0,1}{285 * 0,9988} \right) = 477 \text{ м}^3$$

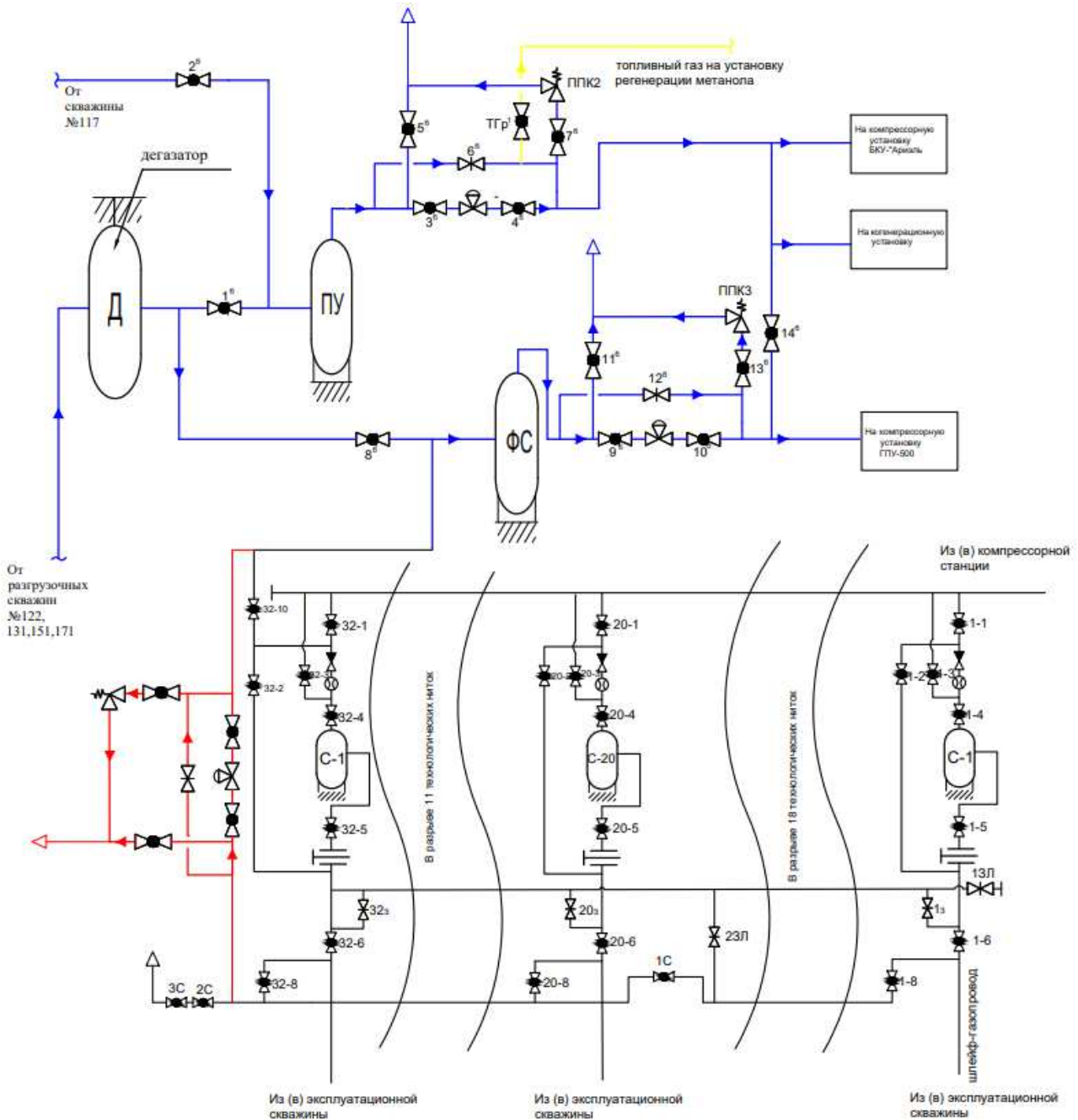


Рисунок 1. – Модернизация схемы

Рассчитаем количество сокращенного газа при внедрении данного узла редуцирования, при условии, что потери при стравливании из технологического оборудования и газопроводов равны $Q_{\text{потерь}} = 52300$

$$Q_{\text{энок}} = Q_{\text{потерь}} - Q_{\text{стр}} = 52300 - 477 = 51823$$

Как видим из расчетов статью затрат на стравливание из технологического оборудования и газопроводов (проведение капитальных ремонтов скважин, ремонтных работ на технологических нитках сборных пунктов газа, технического обследования и диагностирования газосепараторов) можно сократить на 99% (51823 м³), а общее годовое количество газа на технологические потери на 68%.

Вывод: Предложена модернизация технологической схемы выработки газа из шлейфов-газопроводов эксплуатационных скважин Осиповичского ПХГ по окончании периода отбора газа с целью промывки шлейфов. Практическое применение данной модернизации позволит значительно сократить потери товарного газа, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, сократить плату за эмиссию метана в атмосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. СФШИ.40-01-2014 Технологические системы в период закачки и отбора газа. Руководство по эксплуатации. – ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», 2014.
2. СТП СФШИ.02.90-2017 Методика расчета расхода природного газа на собственные технологические нужды и технологические потери газа при его транспортировке по газотранспортной системе ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» и магистральному газопроводу Ямал—Европа. – Минск : Газпром, 2017.

УДК 628.16

ПРИЧИНЫ ПОСТУПЛЕНИЯ АММОНИЙНОГО АЗОТА В ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

В. А. КАЧИНА, Ю. В. ПУТРОВА
(Представлено: Е. С. ВЕЛЮГО)

В статье проводится анализ качества подземных вод Республики Беларусь. Автор описывает геохимические процессы, особенности появления и преобразования аммонийного азота в подземных водах, а также природные и техногенные факторы загрязнения подземных вод.

Введение. Последние несколько лет основной проблемой природных вод Республики Беларусь является существенное увеличение концентрации аммонийного азота. Высокие концентрации аммонийного азота, нитритов и нитратов в воде могут показывать на ухудшение санитарного состояния водного объекта. Кроме того, азотные загрязнители воды в больших концентрациях отрицательно воздействуют на человека и остальные виды живых организмов. Опасен аммонийный азот тем, что и его ион, и восстановленная форма (аммиак NH_3) способны вступать в реакцию с белками, вызывая их денатурацию. Например, такой белок как гемоглобин, в результате действия этого токсина теряет способность переносить кислород. При регулярном поступлении в организм живого существа ионов аммония и аммиака проявляются ацидоз и нарушение кислотно-щелочного баланса, поражения печени, нарушения в работе центральной нервной и сосудистой систем.

Тем не менее, некоторое наличие аммиака и аммоний-ионов желательно в природных водах в небольшой концентрации, поскольку они являются участниками биологического круговорота веществ – азотного цикла.

Именно поэтому важно следить за изменением концентраций загрязняющих веществ в природных водах.

Основная часть. В природных водах азот выступает в следующих основных формах: в виде иона аммония NH_4^+ , нитрит-ионов NO_2^- , нитрат-ионов NO_3^- и в составе органических соединений.

Белорусским научно-исследовательским геологоразведочным институтом контроль и мониторинг качества подземных вод проводится ежегодно (таблица 1).

Таблица 1. – Характеристика подземных вод западной части Витебского региона*

Наименование показателей	Значение показателей	
	грунтовые воды	артезианские воды
NH_4^+ (ПДК=2,0 мг/дм ³)	0,5-3,0	0,02-3,5
Нитриты NO_2^- (ПДК=3,0 мг/дм ³)	0,3-4,5	0,3-1,5
Нитраты NO_3^- (ПДК=45 мг/дм ³)	5-50	2-30

*Источник: мониторинг подземных вод - ежегодные отчеты национальной системы мониторинга окружающей среды (за период 2010-2020 гг).

По оценке результатов мониторинга выше нормативных значений содержится аммиак в различных формах, что может влиять на выбор технологии обработки воды. Повышение концентрации ионов аммония и нитритов указывает на «свежее» загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов — на загрязнение в предшествующее время.

Основные причины биогенного загрязнения водных объектов, следующие:

- отсутствие или высокий физический износ очистных сооружений (в том числе локальных).
- недостаточная степень внедрения современных технологий на очистных сооружениях.
- отсутствие или низкий технический уровень систем дождевой канализации на предприятиях, а также в ряде малых городов.
- ухудшение экологического состояния водных объектов и прибрежных территорий в местах массового отдыха.
- превышение норм допустимых рекреационных нагрузок в ряде действующих зон отдыха на водных объектах при недостаточном использовании рекреационного потенциала других водных объектов.
- недостаточность контроля при строительстве в поймах рек. Нарушение режима водоохраных зон.
- не в полной мере урегулированы вопросы использования трансграничных вод и сотрудничества по транзитным водотокам в период паводков и половодий.

- неудовлетворительное состояние водосборов ряда малых рек, особенно на урбанизированных территориях.
- сложности в оценке текущего состояния водных объектов из-за ограниченного доступа к данным мониторинга [1].

Источником азотного загрязнения подземных вод могут являться: неочищенные хозяйственно-бытовые, производственные и сельскохозяйственные стоки, дождевые и талые воды с сельскохозяйственных полей, разложение белковых веществ и мочевины при анаэробном восстановлении нитратов и нитритов. К антропогенным источникам поступления аммонийного азота в подземную среду относятся сельскохозяйственные удобрения, системы септиков и захоронение отходов животноводства.

Состояние подземных вод во многом зависит от содержания в них биогенных элементов соединений азота и фосфора. Скопление белкового азота подвержено аммонификации, и этот процесс разлагает белки до аммонийного состояния. При окислении аммонийный азот высвобождается в виде аммиака. Далее он окисляется до состояния нитритов и затем нитратов, или же повторно участвует в уже новом синтезе [1].

Азот аммонийный образуется в незагрязненных поверхностных водах в результате процессов биохимической деградации белковых веществ и дезаминирования аминокислот.

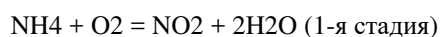
Азот нитратный образуется в незагрязненных поверхностных водах в результате процессов нитрификации ионов аммония в аэробных условиях. Уменьшение концентраций в воде связано с потреблением фитопланктоном.

Азот нитритный представляет собой промежуточную ступень в цепи процессов окисления аммония до нитратов (в аэробных условиях) и восстановления нитратов до азота и аммиака (в анаэробных условиях). Данная форма азота активно образуется в условиях станций аэрации, системах водоснабжения, используется в качестве ингибитора коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и может попадать в системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Повышенное содержание в воде указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях медленного окисления (при малом количестве кислорода), что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем.

Сезонные колебания концентрации ионов аммония характеризуются обычно понижением весной и в начале лета, в период интенсивной фотосинтетической деятельности фитопланктона, и повышением в конце лета - начале осени при усилении процессов бактериального разложения органического вещества в периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления: в придонном слое водоема, в слоях повышенной плотности фито- и бактериопланктона. В осенне-зимний период повышенное содержание ионов аммония связано с продолжающейся минерализацией органических веществ в условиях слабого потребления ионов аммония фитопланктоном и уменьшения скорости их биохимического окисления из-за низких температур [2].

В Республике Беларусь для воды хозяйственно-питьевого водоснабжения согласно СанПиН 10.124-99 приняты следующие ПДК: аммонийный азот ≤ 2 мг/дм³, нитриты ≤ 2 мг/дм³, нитраты ≤ 45 мг/дм³ [3].

Удаление аммонийного азота достигается аэрацией в щелочной среде, обратным осмосом или ионным обменом на клиноптилолите (глинистая основа). В подземных водах удаление происходит аэрацией с применением окислителей, известкованием и биологической нитрификацией с дальнейшим фильтрованием в скорых фильтрах. В результате аммонийный азот окисляется в нитриты в нитраты, этот процесс является двухстадийным (происходит снижение азота аммония) [4]:



Аммонийные соединения окисляются бактериями родов: *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus* (первая фаза) до нитритов. Затем нитрит-ионы окисляются бактериями родов: *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrosococcus* (вторая фаза) до нитратов. При биологическом окислении аммонийного азота до нитритов расходуется 3,43 мгО₂/мг, а нитратов – 4,6 мгО₂/мг, с образованием 0,09 мг биомассы [5].

Скорость процесса изъятия аммонийного азота зависит от его содержания в исходной воде, температуры (>5 °С), pH среды (желательно более восьми, возможно применение известкования) и растворенного в воде кислорода [6, 7].

Проведенный сравнительный анализ очистки подземных вод от аммонийного азота и общего железа в отсутствие соединений марганца показывает, что аэрационные методы с последующим фильтрованием не всегда дают положительные результаты, т.к. весь кислород воздуха расходуется на окисление железа и частичного снижения окисляемости. Кроме того, применение двухслойной загрузки песок сов-

местно с сорбентом АС в фильтрах дает стабильный высокий эффект удаления железа и перманганатной окисляемости, но также без снижения аммония[8].

Заключение. Проанализировав причины и факторы загрязнения подземных вод аммонийным азотом с учетом его гидрогеохимических особенностей на территории Республики Беларусь, можно сделать следующие выводы:

– в процессе эксплуатации водозаборных сооружений качество извлекаемых подземных вод ухудшается. Крайне важно изучать особенности формирования подземных вод, обусловленных природными условиями конкретного региона и своеобразием проявлений техногенных изменений в подземной гидросфере.

– изучение аммонийного азота и его производных в подземных водах является актуальной темой, так как оно не только позволяет прогнозировать изменение качества используемой воды, но и оценить характер, эффективность методов очистки, а так же предотвратить последствия от её применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреева, Т.А. Гидрогеохимия : конспект лекций / Т.А. Киреева. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2016 – 206 с.
2. Крайнов, С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Издание второе, дополненное / С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец, Отв. ред. акад. Н.П. Лавров. – М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
3. Николадзе, Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1978. – 160 с.
4. Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
5. Экологический мониторинг : учеб. пособие / под ред. Г.И. Хараева. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2004. – 77 с.
6. Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования : сб. науч. тр. – Калининград : Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. – 125 с.
7. Ющенко, В.Д. Инновации в технологии очистки подземных вод сложного состава / В.Д. Ющенко, Е.С. Велюго, Т.В. Козицин // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки, 2019. – № 8 – С. 101–104.
8. К вопросу совместного удаления железа и аммонийного азота при аэрационной обработке подземных вод малых населенных пунктов / В.Д. Ющенко, Е.С. Велюго, Е.И. Рашкевич / PROBLEMELE URBANISMULUI ŞI AMENAJĂRII TERITORIULUI – 2020 : сб. науч. тр. X междунар. науч.-техн. онлайн-конф., Кишинев, 27 нояб. 2020 г. / Техн. ун-т Молдовы. – Молдова, 2020. – С.18-21

УДК 621.644.052(519.873)

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ****Е. А. КОЗЛОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. Г. КУЛЬБЕЙ)*

Конечной целью проводимого исследования является создание методики оценки технического состояния магистральных газопроводов Беларуси, однако, для достижения этой цели необходимо сперва выявить, структурировать и оценить факторы, влияющие на техническое состояние магистральных газопроводов.

Авторами выполнен анализ действующего нормативного документа «Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов» [1] и выявлен ряд недостатков.

Так, например, критерии оценки остаточного ресурса сформулированы следующим образом (таблица 1):

Таблица 1. – Определение степени коррозии металла трубы

Незначительная	Металл на поверхности имеет ржавые пятна и одиночные язвы глубиной до 0,6 мм
Сильная	Поверхностная коррозия трубы с одиночными или гнездовыми язвами глубиной до 30% толщины стенки трубы
Очень сильная	Коррозия стенки трубы с одиночными гнездовыми язвами свыше 30% толщины стенки трубы и до сквозных коррозионных повреждений

При этом газопровод разделяется на участки длиной 1 км. Последний участок газопровода при его длине менее 500 м присоединяется к предыдущему участку, а при длине 500 м и более считается самостоятельным участком. Оценка таких участков проводится аналогично участкам длиной 1 км. Каждому участку дается оценка в баллах в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. – Оценка по количеству утечек

Случаи утечек газа	Оценка в баллах
Свыше 2	1
2	2
1	3
0	5

Также нужно учесть, что оценка состояния изоляционного покрытия производится в зависимости от количества повреждений, найденных приборами на стометровых участках газопровода (таблица 3).

Таблица 3. – Оценка состояния в баллах

Количество мест повреждения изоляции, обнаруженных приборами при проверке газопровода без вскрытия грунта на каждом стометровом участке	Оценка по каждому стометровому участку, балл
0–1	4
2–3	3
4–8	2
Свыше 8	1

В таком подходе выявлены такие недостатки как: отсутствие единой системы оценки остаточного ресурса газопровода, неточность системы оценки остаточного ресурса газопровода, не выявлены факторы наибольшего влияния на остаточный ресурс работы газопровода, отсутствует оценка ремонтпригодности газопровода.

На основании приведенного анализа можно сделать вывод о необходимости переработка данного документа на основе новых технологий и исследований, устранение всех недостатков в оценки остаточного ресурса газопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 12-411-01 Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов.

УДК 621.644.05 (519.873)

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ БЕЛАРУСИ****Е. А. КОЗЛОВ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. Г. КУЛЬБЕЙ)*

Авторами выполнен анализ существующих нормативных документов [1, 2] и выявлен ряд их недостатков, что потребовало разработки новой методики оценки технического состояния магистральных газопроводов.

Для достижения этой цели, была разработана анкета остаточной работоспособности газопровода, в которой экспертам предложено выставить баллы в пунктах оценки остаточной работоспособности газопровода. При этом баллы для каждого критерия выставляются по системе: «10» - очень хорошо, «1» - очень плохо.

В разработанной анкете оценены факторы:

- Время эксплуатации газопровода (с разбиением на диапазоны по годам эксплуатации: (0-10], (10-20], (20-30], (30-40], более 40);
- Визуальное состояние изоляции на каждом 100 метровом участке (с разбиением на категории: «Отсутствуют повреждения» и «Наличие повреждений»);
- Количество утечек на 1 километр трубопровода за последние 5 лет (с разбиением на диапазоны: «0», «1 утечка», «2 утечки», «Более 2 утечек»);
- Визуальный осмотр сварных стыков (с разбиением на категории: «Нет повреждений» и «Есть повреждения»);
- Воздействие грунтовых вод на трубопровод (с разбиением на категории: «Уровень грунтовых вод ниже оси трубопровода на 1 метр», «Уровень грунтовых вод ближе 1 метра от оси трубопровода», «Уровень грунтовых вод выше оси трубопровода»);
- Коррозионная активность грунта (с разбиением на категории: «Неактивный», «Малоактивный», «Среднеактивный», «Высокоактивный»);
- Состояние катодных защитных установок (с разбиением на категории: «Работает», «Работает с перебоями», «Не работает (отсутствует)»);
- Место нахождения трубопровода (с разбиением на категории: «Вне населенного пункта», «Частный сектор», «Городская застройка»);
- Состояние по результатам визуального осмотра надземного трубопровода на наличие коррозионных повреждений (с разбиением на категории: «Нет повреждений», «Незначительные повреждения», «Сильные повреждения»);
- Блуждающие токи (с разбиением на категории: «Нет» и «Есть»);
- Повреждения внутренней стенки от коррозии (с разбиением на диапазоны: «Нет (отсутствуют)», «Глубина до 0.6 мм включительно», «От 0.6 мм до 30% толщины стенки трубопровода», «Более 30% толщины стенки трубопровода»).

Разработанная анкета была проверена на будущих специалистах, а именно на выпускниках. Степень согласованности их мнений оценена после анкетирования с помощью дисперсионного коэффициента конкордации и с помощью энтропийного коэффициента конкордации. Так как в обоих случаях определена хорошая согласованность при $W > 0,5$, то проведена проверка гипотезы о неслучайности согласия экспертов и определен критерий Пирсона и для дисперсионного коэффициента конкордации W_d и для энтропийного коэффициента конкордации W_z , в итоге чего результаты экспертизы признаны удовлетворительными и адекватными.

Продвигаясь намеченным путём, авторы планируют создать методику остаточной работоспособности газопровода которая устранил ряд недостатков действующих нормативных документов.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 12-411-01 Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов. - М. : Госгортехнадзор России, 2001. - 76 с.
2. ВРД 39-1.10-004-99.
3. Методические рекомендации по количественной оценке состояния магистральных газопроводов с коррозионными дефектами, их ранжирования по степени опасности и определению остаточного ресурса. Введен 2000-03-05. М.: ИРЦ Газпром, 2000. - 44 с.

УДК 656.583

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**Н. М. РОГОВ***(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)*

Рассматривает динамику изменения потребления светлых нефтепродуктов топлива в странах Западной Европы, а также потенциальную возможность поставок нефтепродуктов в порты Российской Федерации. Представлены основные причины возможного увеличения объёма транспортируемых нефтепродуктов через территорию Республики Беларусь.

Трубопроводный транспорт является одним из самых передовых видов транспорта, который является неотъемлемой частью топливно-энергетического комплекса. Такой вид транспорта делает возможным передачу на расстоянии твёрдых, газообразных или жидких грузов. Это возможно при помощи использования насосных станций, которые под давлением перегоняют продукт в трубопроводе. В первую очередь, такой вид транспорта используется для транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов. Различают два вида трубопроводного транспорта: промышленный и магистральный. Промышленные трубопроводы предназначены для транспортировки продуктов на площадке какого-либо предприятия, что делает возможным продолжение технологического процесса. Трубопроводы, по которым транспортируют грузы от места добычи к месту переработки, называют - магистральным трубопроводным транспортом. В целом, трубопроводный транспорт имеет много плюсов, по сравнению с другими видами перевозки, например, дешёвизна перевозок и высокая производительность труда, при небольшом вложении средств. Данный вид транспорта является надёжным и характеризуется меньшим экологическим воздействием на окружающую среду в режиме штатного функционирования, практически независим от климатических условий, в большинстве случаев экономичен и обеспечивает высокую ритмичность поставок нефтепродуктов потребителям.

Для Беларуси трубопроводный транспорт является одним из самых значимых видов транспорта в экономической сфере. Так, на 2019 год, доля трубопроводного транспорта в грузообороте всех видов транспорта составила 41,3%, что является почти половиной от всего грузооборота. Помимо этого, 27,5% общего объёма перевозимых грузов также лежит на трубопроводном транспорте.

Общая длина нефтепроводов на территории Беларуси составляют около 3000 километров, а длина нефтепродуктопроводов около 1200 километров. Такая протяжённость обуславливается тем, что нефтепроводный транспорт является наиболее эффективным для перекачки нефтепродуктов и сырой нефти. Сами же нефтепроводы представляют собой комплекс сооружений в составе трубопроводов, насосных станций и хранилищ.

Первый нефтепровод был проведен в Беларусь от нефтедобывающих районов Поволжья (Россия) через Мичуринск и Унечу на Полоцк и далее в страны Балтии к Вентспилсу (1960-1964 гг.). Вторая линия прошла через Мозырь до Бреста и далее в Польшу и Германию; от Мозыря его ответвление идет на юго-запад в Украину и далее в Западную Европу. Крупнейший в мире нефтепровод, доставляющий нефть из Западной Сибири и Поволжья на белорусские НПЗ и в другие европейские страны, получил название «Дружба». Развитие нефтедобывающей промышленности в Беларуси потребовало строительства нефтепровода от Речицких месторождений к Мозырскому НПЗ.

Транспортировку нефти на территории Беларуси обеспечивают два предприятия: Гомельское предприятие транспорта нефти «Дружба» (на участке от границы с Россией к Мозырю и далее в западном и юго-западном направлениях) и Новополоцкое предприятие (участок нефтепровода Сургут – Полоцк с его ответвлением на Литву и Латвию).

Основная сеть линейных нефтепроводов в Республике Беларусь представляет две ветки по перекачке нефтепродуктов: Северная ветвь и Южная ветвь. По южной ветке нефтепровода "Дружба" поток нефти и нефтепродуктов по системе трубопроводов направляется в двух направлениях, западное, к Польше и Германии, и южное, на Украину, Чехию и другие страны Европы. Северная ветвь направлена на поставки нефтепродуктов в страны Балтии, но после аварии 2006 года поставки прекращены. [1]

В Беларуси действуют три магистральных продуктопровода, по которым перекачивают дизельное топливо и бензин: Унеча – Полоцк, Унеча - западная граница, Новополоцк - Минск (Фаниполь). Первые два нефтепродуктопровода эксплуатируются унитарным предприятием «Запад-Транснефтепродукт» и проходят в одних коридорах с нефтепроводами и выполняют в основном транзитную перекачку нефтепродуктов за пределы страны.

Основным предприятием по транспортировке нефти и нефтепродуктов на территории Республики Беларусь является унитарное производственное предприятие «Запад-Транснефтепродукт». Предприятие осуществляет транзитную транспортировку светлых нефтепродуктов от российских и белорусских НПЗ на экспорт, в направлении стран Западной Европы, по системе магистральных нефтепродуктопроводов, пролегающих по территории 22 районов 3 областей Республики Беларусь. Унитарное предприятие «Запад-Транснефтепродукт» входит в единую систему по транспортировке нефти и продуктов ее переработки трубопроводным транспортом Российской Федерации. Основными видами деятельности компании является транспортировка нефтепродуктов по магистральным трубопроводам, приём нефтепродуктов и осуществление сливо-наливных операций, хранение нефтепродуктов [2].

Основными потребителями дизельного топлива, проходящего через нефтепроводы Беларуси, являются страны Европы, преимущественно Западной. Рассмотрев динамику изменения потребления светлых нефтепродуктов в европейских странах, был составлен график изменения использования топлива. Для анализа были взяты страны, с одним из самых высоких уровнем потребления, к ним относятся такие государства как: Франция, Испания, Польша, Нидерланды. На основании данных за 2015-2019 можно сделать вывод, что потребление дизельного топлива в этих странах постепенно росло на 19%, 16%, 25%, 11%, соответственно. а значит можно сказать, что в дальнейшем с учетом роста количества населения и парка автомобилей этот показатель также будет увеличиваться [3]. С учетом роста количества населения и парка автомобилей. Теоретическое увеличение потребления топлива можно увидеть на графике (рис.1). Рост использования светлых нефтепродуктов обуславливается тем, что увеличивается количество техники, которая работает на нём.

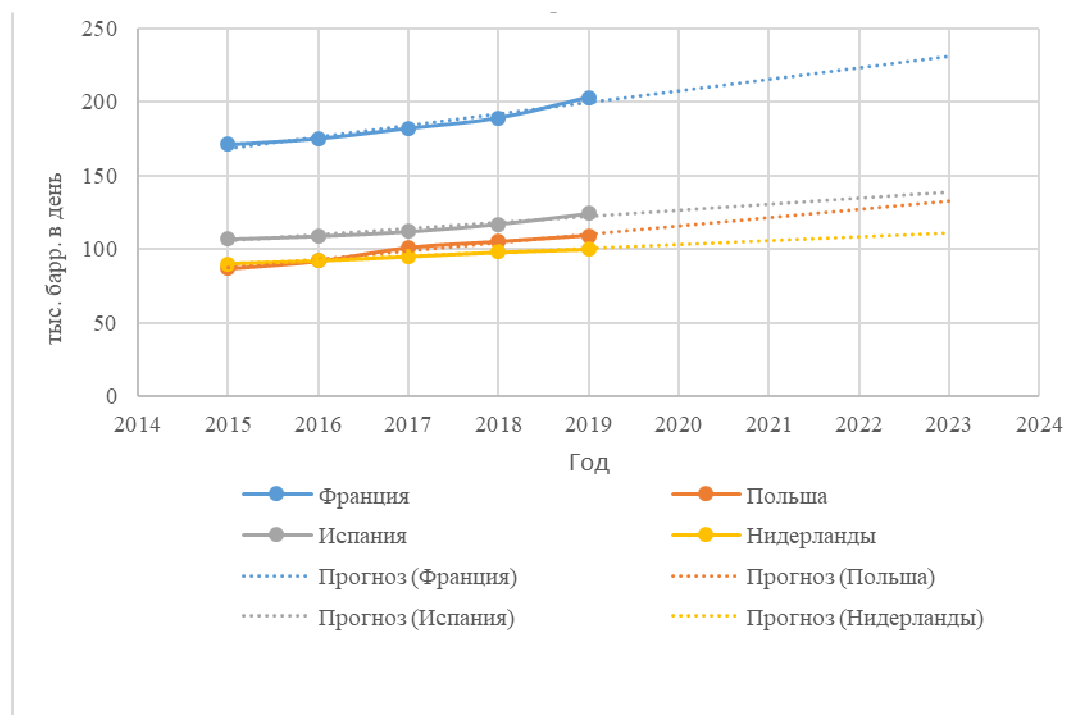


Рисунок 1. – Потребление светлых нефтепродуктов в Европе, тыс. баррелей в день

Увеличение объёма транзита светлых нефтепродуктов по территории Республики Беларусь дополнительно может быть обусловлено Соглашением [4] между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации об организации сотрудничества в области перевозки и перевалки нефтепродуктов, предназначенных для поставки на экспорт в третьи страны через морские порты Российской Федерации, следуя которому, нефтепродукты, которые произведены в Республике Беларусь, при помощи железнодорожных путей будут доставляться в порты Российской Федерации для дальнейшей отправки в другие страны морским путём. Если рассматривать все возможные средства для поставки нефтепродуктов, то строительство новых ветвей нефтепродуктопроводов позволит уменьшить затраты при транспортировке нефтепродуктов, а также увеличит эффективность их перекачки, что является путём к оптимизации процесса поставок.

Исходя из динамики изменения потребления светлых нефтепродуктов топлива в странах Западной Европы, а также потенциальной возможности поставок нефтепродуктов в порты Российской Федерации следует, что в будущем возможно увеличение поставок через магистральные нефтепродуктопроводы по территории Республики Беларусь. Для организации оптимальных условий перекачки, а также увеличения пропускной способности трубопроводов, необходимо комплексно рассмотреть совместное использование нескольких инженерно-технических решений по увеличению объёмов перекачки для уже действующих нефтепродуктопроводов. К таким методам относятся: использование лупинга, удвоение числа станций, замена насосов, изменение характеристик насоса и использование присадки. Данные методы в индивидуальном порядке часто используются в уже существующих трубопроводных сетях, в то же время проведение расчёта использования комбинации всех возможных методов с целью максимально возможного увеличения объёмов перекачки является актуальным и представляет собой особый инженерный интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и оборудование газонефтепроводов: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-70 05 01. В 2 ч. Ч. 1 / Сост. П.В. Коваленко, Н.М. Рябыш; Под общ. ред. П.В. Коваленко. – 2-е изд. перераб. – Новополоцк: ПГУ, 2005. – 288 с.
2. Официальный сайт "Запад-Транснефтепродукт" [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://ztnp.by/>
3. The Global Economy [Electronic resource] / Mode of access: https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline_consumption/Europe/
4. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / <https://pravo.by/document/?guid=3941&p0=2021038001>

УДК 656.599

**УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ
С СОВМЕСТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ****Н. М. РОГОВ***(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)*

Рассматривается использование комбинаций нескольких методов по увеличению пропускной способности что позволит максимально увеличить объёмы перекачки для уже сооружённых нефтепродуктопроводов. Проведены расчёты для определения увеличения объёмов перекачки нефтепродуктов.

Увеличение пропускной способности нефтепроводов – это очень актуальный вопрос для трубопроводного транспорта. В последнее время часто прибегают к модернизации уже существующих нефтепроводов, чем к постройке новых, так как это выходит более эффективным. Усовершенствование нефтепроводов позволяет увеличить объёмы перекачки, а также снизить напряжения в трубах, чтобы уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций. Есть несколько основных методов, как увеличить объёмы перекачки продукта в нефтепроводе.

Одним из часто применяющихся методов при значительном увеличении пропускной способности является использование лупинга. Лупингом называется участок трубопровода, который прокладывается параллельно основной магистрали с целью уменьшения гидравлического сопротивления, что может приводить к увеличению пропускной способности нефтепровода свыше 50%.

Следующим методом, наиболее часто применяемым при увеличении объёмов добычи нефти или повышении мощности нефтеперерабатывающего завода, является удвоение числа станций. Удвоение числа насосных станций позволяет увеличить объёмы перекачки на 35-45%. Дальнейшее увеличения количества насосных станций существенного прироста в пропускной способности не даёт, а будет лишь большими экономическими расходами на сооружение станций.

Дополнительно при увеличении пропускной способности трубопроводной системы при эксплуатации прежнего насосного оборудования вне рабочей области необходимо применять такой метод как замена насосов. Ввиду увеличения пропускной способности, существует необходимость заменять насосы на более мощные. Для упрощения производства оборудования и стандартизации условий их эксплуатации и ремонта, создан нормальный ряд однотипных по конструкции нефтяных насосов. Общие технические требования для этих насосов определяются стандартом ГОСТ 12124-87 “Насосы центробежные нефтяные для магистральных трубопроводов”. Основным насосным оборудованием на магистральных нефтепродуктопроводах являются насосы типа НМ 710-280 и НМ 1250-260.

Изменение характеристик насоса также позволяет повысить пропускную способность. Данные изменения осуществляют путем замены рабочего колеса насоса рабочим колесом другого (большего или меньшего) диаметра, изменением числа оборотов рабочего колеса насоса, или перепуском части нефти из линии нагнетания в линию всасывания. Увеличения диаметра рабочего колеса позволяет увеличить объёмы перекачки в нефтепродуктопроводе.

В последнее время в практике эксплуатации нефтепродуктопроводов все более часто находят применение противотурбулентной присадки. При данном способе увеличения производительности нефтепроводов происходит введение в турбулентный поток перекачиваемой жидкости специальных высокомолекулярных присадок, снижающих гидравлическое сопротивление. Эффект снижения сопротивления начинает проявляться в очень слабых растворах – при массовых долях полимера $C = 10^{-6} - 10^{-5}$. С ростом концентрации снижение сопротивления достигает своего максимума при некоторой оптимальной концентрации. Максимальное снижение сопротивления достигает 60 – 80 %. [1]

Для рассмотрения эффективности данных методов, применим их совместную комбинацию на существующий магистральный нефтепровод на участке №41 ЛПДС «8Н»- ЛПДС «Дисна» и определим максимально возможное увеличение пропускной способности на данном участке. Определим основные параметры, которые потребуются для дальнейших расчётов. Объём перекачки трубопровода – 4,2 млн. т./год, диаметр трубопровода – 530 мм, толщина стенок трубопровода – 8 мм, Протяжённость участка «8Н – Сенно» - 310,6 км, Протяжённость участка «Сенно - Дисна» - 144 км, максимальное давление в трубопроводе – 5,2 МПа. Геодезические отметки: ЛПДС «8Н» - 190,5 м, ПС «Сенно» - 175,6 м, ЛПДС «Дисна» - 129,3 м. Осуществляется перекачка дизельного топлива ДТ-Л-К5, плотность которой при 293°K равна 835 кг/м³ и кинематическая вязкость 3,1 сСт.

Первоочередной задачей является перерасчёт плотности перекачиваемого нефтепродукта для среднегодовой температуры в данном регионе. В наших климатических условиях, нефтепродукт будет иметь плотность равную 849,54 кг/м³.

Следующим этапом является определение расчётной часовой пропускной способности трубопровода по формуле

$$Q = \frac{G}{354 \cdot 24 \cdot \rho_t}$$

Подставив численные значения, была получена пропускная способность равная 581,9 м³/ч.

При определении режима движения жидкости необходимо произвести вычисление числа Рейнольдса, которое определяется по формуле

$$Re = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot \nu}$$

Дополнительно, необходимо вычислить два переходных значения для числа Рейнольдса для того, чтобы определить какому именно режиму движения жидкости соответствует нефтепродукт в трубопроводе.

$$Re_{\text{пер1}} = \frac{10 \cdot D_{\text{вн}}}{\Delta}$$

$$Re_{\text{пер2}} = \frac{500 \cdot D_{\text{вн}}}{\Delta}$$

где Δ - эквивалентная шероховатость труб, мм.

Произведя расчёт и получив числовые значения числа Рейнольдса, равные $Re = 125266$, $Re_{\text{пер1}} = 34266$, $Re_{\text{пер2}} = 1713333$, можно сделать вывод, что число Рейнольдса для нефтепродукта находится между переходными значениями, а, следовательно, перекачка будет осуществляться при турбулентном режиме в зоне смешанного трения.

После определения всех нужных параметров для действующего нефтепродуктопровода были подробно рассмотрены методы по увеличению пропускной способности трубопровода, первый из которых – применение лупинга. В рассмотрение принимался лупинг, представляющий из себя параллельную ветку существующего трубопровода с таким же диаметром и материалом трубы. Эквивалентную шероховатость труб (Δ) равна 0,15 мм для стальных сварных прямошовных труб, бывших в эксплуатации.

Для расчёта пропускной способности нефтепровода часто используют метод, представляющий собой определение эквивалентного диаметра трубопроводов, который рассчитывается как

$$D_{\text{экв}} = \left[\sum D_i^{\frac{5-m}{2-m}} \right]^{\frac{2-m}{5-m}}$$

Расчет показал, что для данного нефтепродуктопровода $D_{\text{экв}}$ будет равно 0,671 м.

Следующим этапом является определение коэффициентов аппроксимации для уже установленных насосов, что необходимо для точного определения характеристик насосного оборудования. Для насосов НМ 710-280 после ряда расчётов коэффициенты аппроксимации приняли значения равные: $A = 312,9$ и $B = 1088,7$.

Основным уравнением для определения пропускной способности нефтепродуктопровода является универсальное уравнение баланса напоров, которое необходимо использовать при каждом последующем методе увеличения расхода нефтепродукта в трубопроводе:

$$Q = \sqrt[2-m]{\frac{\Delta H_{\text{н}} + n \cdot a - \Delta z - h_{\text{кв}}}{n \cdot b + f \cdot L}}$$

Проведя математические вычисления, была получена пропускная способность, равная 0,252 м³/с. Как итог, увеличение объёма перекачки составило 56%, что является высоким показателем.

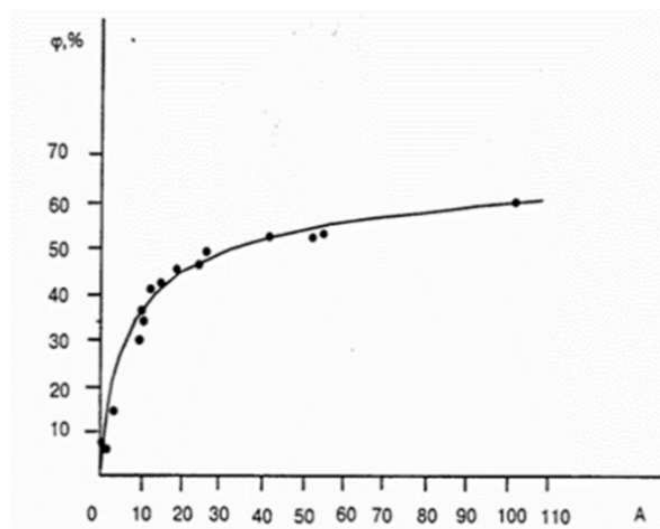
Следующим методом, который принимался в рассмотрение, было удвоение числа станций. Предполагая, что увеличение числа станций увеличит прирост пропускной способности, была произведена замена насосов НМ 710-280 на насосы НМ 1250-260. После изменения насосов, для них были рассчитаны коэффициенты аппроксимации, значения которых равны $A = 275,6$ и $B = 615,4$.

Определение пропускной способности рассчитывалось по формуле уравнения баланса напоров с подстановкой удвоенного количества насосных станций. После аналогичных расчётов, значение пропускной способности равно $0,512 \text{ м}^3/\text{с}$. Удвоение числа станций позволило увеличить объёмы перекачки в 2 раза. Дальнейшее увеличение числа насосных станций не рассматривалось ввиду того, что данное техническое мероприятия не даёт экономически обоснованного прироста, вызывая дополнительные инвестиционные затраты.

При новом значении пропускной способности был произведен расчет с заменой магистральных насосов. Расчёт для насосов НМ 1800-240 не производили, ввиду того, что следующим шагом планировалось добавление пртивотурбулентной присадки, а подбирались сразу насосы НМ 2500-230 с диаметром рабочего колеса равным 385 мм. После определения коэффициентов аппроксимации было получено значение пропускной способности, равное $0,697 \text{ м}^3/\text{с}$.

В дальнейшем расчет пропускной способности выполнялся с учетом выбора нового диаметра рабочего колеса 405 мм, который показал, что объем перекачки составил $0,729 \text{ м}^3/\text{с}$. Следовательно, увеличение диаметра рабочего колеса, позволило увеличить объёмы перекачки в трубопроводе на 4,5%.

В качестве последнего метода увеличения пропускной способности использовалось добавление антитурбулентных присадок. Было рассмотрено использование противотурбулентной присадки «NECCAD-447». Эффективность присадки изменяется в зависимости от её концентрации в нефтепродукте. Эффективность присадки определяется из графика:



Ввиду того, что использование присадки требует дополнительных финансовых затрат, исходя из графика, было принято оптимальное значение коэффициента гидравлической эффективности $\varphi=40\%$. Данный шаг позволил определить массовую концентрацию присадки, необходимой для увеличения пропускной способности.

$$C = \sqrt[1,13]{\frac{A}{4340 \cdot \varphi^{-0,74}}}$$

$$C = \sqrt[1,13]{\frac{11,86}{4340 \cdot 0,000447^{-0,74}}} = 0,0000345 \frac{\text{г}}{\text{т}}$$

Следовательно, для того, чтобы в принятых нами условиях увеличить пропускную способность нефтепровода необходимо использовать 34 грамма присадки на одну тонну нефтепродукта. Тогда итоговый объём перекачки составил:

$$Q = \sqrt{\frac{0,729^2}{1 - 0,4}} = 0,941 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3387,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

При помощи использования перечисленных в статье методов, удалось повысить объёмы перекачки с $581,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $3387,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Это значит, что пропускная способность нефтепровода увеличилась

в 5,822 раза. Можно сделать вывод, что одновременное использование комбинации нескольких методов по увеличению пропускной способности позволит максимально увеличить объёмы транспортирования нефтепродуктов для уже сооружённых трубопроводов, что является особенно актуальным в условиях возможного увеличения транзита светлых нефтепродуктов через территорию Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и оборудование газонефтепроводов: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. 1-70 05 01. В 2 ч. Ч. 1 / Сост. П.В. Коваленко, Н.М. Рябыш; Под общ. ред. П.В. Коваленко. – 2-е изд. перераб. – Новополоцк: ПГУ, 2005. – 288 с.

УДК 624.62

**О ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ВНУТРЕННЕГО АНТИФРИКЦИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ
НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДАХ****В. О. САВЕЛЬЕВА****(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)**

Данная статья посвящена изучению применения внутреннего антифрикционного полимерного покрытия, как способа снижения гидравлических потерь посредством понижения коэффициента гидравлического сопротивления. Были проведены расчёты для применения внутреннего альтернативного покрытия к магистральным трубопроводам, перекачивающим дизельное топливо.

Магистральные трубопроводы являются неотъемлемым и важнейшим элементом национальной экономики Беларуси. На магистральный трубопроводный транспорт приходится более 4% от общего мирового потребления энергии при транспортировке [4], что обусловлено высокими энергозатратами насосного оборудования, на долю которого по оценкам экспертов приходится до 20% мирового потребления электроэнергии [1]. Энергия затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления в трубопроводной системе. Проблема снижения гидравлических потерь является весьма актуальной.

Гидравлическое сопротивление оказывается со стороны трубопроводной системы и оценивается количеством потерянной удельной энергии, безвозвратно расходуемой на работу сил трения, где поток претерпевает деформацию. Безвозвратные потери удельной энергии в гидравлических системах обусловлены наличием вязкого трения, на преодоление которого происходит расход энергии при турбулентных колебаниях. Основные потери приходятся на трение по длине, возникающие при равномерном течении, в чистом виде — в прямых трубах постоянного сечения, они пропорциональны длине трубы.

Вид движения жидкости определяется режимом течения, который изменяется в зависимости от характеристики движения — числа Рейнольдса Re , которое характеризует отношение сил инерции к силам трения (вязкости). От величины Re движение потока может подразделяться на ламинарный и турбулентный, который в свою очередь подразделяется на режим гидравлически гладких труб, смешанного трения и квадратичного сопротивления.

Перекачка нефтепродуктов и нефти средней вязкости преимущественно проходит в режимах гидравлически гладких труб и смешанного трения. В режиме гидравлически гладких труб увеличение числа Рейнольдса приводит к тому, что от бугорков шероховатости начинают отрываться вихри. Это явление наступает тем раньше, чем больше шероховатость. В зоне смешанного трения с увеличением числа Рейнольдса его влияние на коэффициент гидравлического сопротивления λ постепенно уменьшается, а влияние абсолютной шероховатости Δ — возрастает, так как увеличивается интенсивность вихреобразования у выступов шероховатости. Таким образом при турбулентном движении жидкости коэффициент гидравлического трения зависит не только от числа Рейнольдса, но и от качества (гладкости) стенок труб. Основываясь на данных утверждениях, целесообразно уменьшить коэффициенты гидравлического сопротивления и относительной шероховатости.

Одним из способов уменьшения шероховатости поверхности труб являются антифрикционные покрытия, покрывающие внутреннюю стенку трубопровода. Антифрикционные покрытия служат для снижения трения между газовой или жидкостной смесью и внутренней поверхностью трубы и позволяют повысить пропускную способность. Технология нанесения внутренних покрытий осваивается многими компаниями, которые занимаются производством трубопроводных магистралей. Впервые данную технологию покрытия внутренней поверхности трубопровода гладкостным покрытием применили в газовой отрасли. Так, впервые использование таких внутритрубных покрытий было осуществлено в США компаниями Tennessee Gas Pipeline Co. в 1955 г. и Transcontinental Gas Pipeline Corp. в 1959 г. Опыт компаний показал, что затраты на внутреннее покрытие газопроводов многократно окупаются в процессе эксплуатации. Это решение можно адаптировать к жидким энергоносителям.

Антифрикционные покрытия, применяемые к трубопроводным системам, представляют собой полимерные и пластмассовые материалы специального назначения, выбор которых достаточно велик и основан на их химических свойствах и физико-механических характеристиках. Для внутренней изоляции труб допускается возможность использования таких материалов, как лакокрасочные на основе эпоксидных, модифицированных эпоксидных и фенолформальдегидных смол. Из порошковых полимеров широко применяются защитные покрытия на базе эпоксидных порошковых материалов, нанесенных по фенольному праймеру. Перспективным направлением разработок полимерных материалов антифрикцион-

ного назначения стало создание полимерных композиционных материалов на основе термопластов, номенклатура которых превышает сотни наименований. Представителями термопластов антифрикционного назначения являются полиэтилен, поликарбонат, полисульфон, поливинилхлорид и др. Преимущества наличия гладкостного покрытия заключаются в малом коэффициенте абсолютной шероховатости, достигающего 0,01 мм, что приводит к снижению гидравлического сопротивления. В таблице 1 приведено сравнение значений шероховатостей полимерных и стальных поверхностей.

Таблица 1. – Шероховатость полимерной и стальной поверхностей

Поверхность трубы	Абсолютная шероховатость, мм
Новая углеродистая сталь	0,05-0,15
Углеродистая сталь, бывшая в эксплуатации	0,5-2,0
Полимерное покрытие	0,01-0,04

При реализации нанесения гладкостного антифрикционного покрытия, имеющего уменьшенную абсолютную шероховатость поверхности по отношению к прежней абсолютной шероховатости внутренней поверхности трубы, произойдет смещение критических значений числа Рейнольдса перекачиваемой жидкости, тогда как фактическое значение числа Рейнольдса останется неизменным при постоянной скорости. Вследствие этого может измениться режим движения жидкости в трубопроводе.

Исходя из того, что в соответствии с практикой эксплуатации нефтепроводов перекачка нефти средней вязкости преимущественно проходит в режиме гидравлически гладких труб режим течения вне зависимости от значения коэффициента абсолютной шероховатости останется в зоне гидравлически гладких труб, в котором при расчёте коэффициента гидравлического трения шероховатость не участвует. Перекачка бензина и дизельного топлива преимущественно проходит в режиме смешанного трения. При перекачке бензина применение данной технологии может привести к возрастанию скорости движения жидкости выше предельно допустимой. Основываясь на вышперечисленном, целесообразно рассматривать использование антифрикционных покрытий применительно к магистральным трубопроводам, перекачивающим дизельное топливо.

Расчёт потерь напора на трение по длине проводится с использованием формулы Дарси-Вейсбаха, в которой наиболее выражен коэффициент абсолютной шероховатости:

$$h_r = \lambda \cdot \frac{w^2}{2g} \cdot \frac{L}{D} \tag{1}$$

С применением внутреннего гладкостного покрытия в случае с десятикратным уменьшенным коэффициентом абсолютной шероховатости по отношению к случаю со стальной трубой с базовым коэффициентом шероховатости для трубопровода, перекачивающего дизельное топливо, произойдет сдвиг критических значений числа Рейнольдса. Вследствие этого характеристика движения жидкости с режима смешанного трения перейдет в режим гидравлически гладких труб. Сопоставив значения гидравлических сопротивлений в режиме смешанного трения λ_2 и гладкого трения λ_1 , выраженных в буквенной форме, для двух случаев – стальной трубы и с полимерным покрытием можно выразить процентное соотношение гидравлических сопротивлений, а соответственно и разности потерь напора для данных случаев движения жидкости. Данное соотношение после проведения математических преобразований представляется выражением в виде:

$$\% = 1 - \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1 - 2,88 \cdot \left(\frac{v}{68v + w\Delta_1} \right)^{0,25} \tag{2}$$

где

$$\lambda_1 = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta_1}{d} \right)^{0,25},$$

$$\lambda_2 = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}.$$

Подставляя в формулу (2) различные значения скоростей, характерных для режимов эксплуатации нефтепродуктопроводов, полученный результат вычислений можно представить графически в виде функции зависимости процентной разницы потерь напора от скорости движения дизельного топлива:

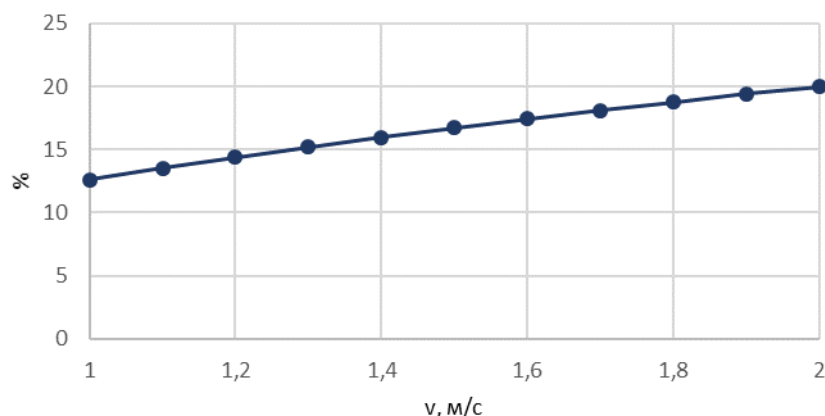


Рисунок 1. – Зависимость процентной разницы потерь напора от скорости движения

Опираясь на расчёты, можно сделать вывод о том, что при применении антифрикционного внутреннего покрытия трубопровода возможно снижение сопротивления до 20% в зависимости от скорости перекачиваемой жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт информационного агентства «Деловой Петербург» / Энергетическая эффективность бизнеса: работа на будущее [Электронный ресурс] / Информационное агентство «Деловой Петербург». — Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2020/09/28/ENergojeffektivnij_biznes – Дата доступа: 16.02.2020.
2. Шероховатость полиэтиленовых труб. Расчет гидравлических потерь давления в трубопроводе из пластмасс / Владимир Швабауэр, Игорь Гвоздев, Мирон Горюловский // Журнал "Полимерные трубы".
3. Е. А. Серкова, В. В. Хмельницкий, О. Б. Застрогина // Полимерные материалы для антифрикционных покрытий (обзор) // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ», 2021.
4. Official webpage of the American Information Energy Agency [Electronic resource] / American Information Energy Agency. — Mode of access: http://www.un.org/en/development/desa/policy/wesp/wesp_archive/2012chap2.pdf — Date of access: 16.11.2020

УДК 845.556

**ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ
ПО СНИЖЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ****В. О. САВЕЛЬЕВА***(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)*

Данная статья посвящена изучению подходов инженерной биомимикрии. Была представлена идея о применении антифрикционных покрытий, закручивании потока жидкости, пластинчатых покрытий и их преимуществ. Были сформулированы преимущества использования природных технологий в магистральном трубопроводном транспорте.

Трубопроводный транспорт оказывает решающее воздействие на формирование и развитие топливно-энергетического комплекса страны. Важнейшим элементом этого комплекса являются системы, предназначенные для транспортирования жидких и газообразных углеводородных энергоносителей – магистральный трубопроводный транспорт. На магистральный трубопроводный транспорт приходится более 4% от общего мирового потребления энергии при транспортировке [4], что обусловлено высокими энергозатратами насосного оборудования, на долю которого по оценкам экспертов приходится до 20% мирового потребления электроэнергии [1]. Согласно статистике по энергопотреблению, оно стоит на третьем месте после городского транспорта и освещения, что является существенной проблемой.

Гидравлическое сопротивление оказывается со стороны трубопроводной системы и оценивается количеством потерянной удельной энергии, безвозвратно расходуемой на работу сил трения, где поток претерпевает деформацию. Проблема снижения гидравлических потерь в трубопроводах является весьма актуальной. Существует множество методов снижения гидравлических потерь, практическое использование которых позволяет значительно снизить гидравлические потери жидкости в напорных трубопроводах, что позволяет сократить затраты энергии на транспортировку. Одним из альтернативных подходов технических задач является биоинженерия.

Биомимикрия представляет собой область знаний, вытекающих из практики, подражает стратегиям природы, создавшей адаптивные механизмы. Учёными было проанализировано достаточно большое количество материала для перспективного применения некоторых теорий к таким системам как самолеты, подводные аппараты, надводные корабли, поезда, в том числе и трубопроводы. При анализе подходов биоинженерии наше внимание было уделено области применения в магистральном трубопроводном транспорте. Идеи инженерной бионики применимы как к площадочным, так и к линейным объектам трубопроводного транспорта.

Показательным примером биомимикрии является более обтекаемый поезд Синкансэн, который не только едет тише, но и на 10% быстрее, потребляя на 15% меньше электроэнергии [5]. Инженер и орнитолог компании JR West использовал свои знания о безбрызговом входе зимородков и тихом полете сов, чтобы уменьшить шум, издаваемый поездами. Зимородки быстро перемещаются из воздуха, среды с малым сопротивлением, в воду — среду с высоким сопротивлением. Клюв зимородка обеспечивает почти идеальную форму для такого удара. Сходство с обтекаемым клювом зимородка имеет песчаная ящерица, которая благодаря своему естественному покрытию беспрепятственно передвигается в песчаных дюнах. Применение данной идеи в линейной части магистрального трубопроводного транспорта находится в гладкостных покрытиях. Основным достоинством гладкостных покрытий является снижение трения при транспортировке уменьшением шероховатости внутренней поверхности труб, что увеличивает пропускную способность трубопроводов.

Также в отношении линейной части транспорта нефти идеи австрийского изобретателя Виктора Шаубергера, вдохновленного природой, чрезвычайно важны для проектировщиков современных газопроводов, нефтепроводов, и водоводов гидроэлектростанций [3]. Речь идет об использовании явления закрученного потока в трубопроводах, которое до сих пор не используется как положительный эффект. Такой подход может быть использован для снижения динамического сопротивления магистральных трубопроводов и водоводов гидроэлектростанций. При винтовой закрутке потока воды при подаче из водохранилища к гидротурбинам гидроэлектростанций, кинетическую энергию реального водного потока можно значительно увеличить, а значит и высоту плотины можно уменьшить при сохранении той же мощности электроагрегатов. Турбулентное движение предусматривает растрачивание кинетической энергии, превращая её в тепло, что обусловлено беспорядочно зарождающимися и исчезающими вихрями жидкости, которые хаотично сталкиваются друг с другом, а также с ограничивающими поток стенками. Естественное природное течение жидкости и газа представляет собой согласованное окружающей среде вихревое движение.

В традиционных трубах круглого сечения жидкость стремится к естественной закрученной сужающейся форме потока. Однако эта форма потока не соответствует форме трубы. В связи с этим, при движении жидкости в круглой трубе в периферийных зонах возникает интенсивная турбулентность, которая приводит к дополнительным гидравлическим потерям. Закручивание потока по центральной оси с использованием устройств из полимерных покрытий, таких как элементарные вставки-бабочки или закрученная пружина внутри трубы, позволяет значительно снизить энергетические затраты на перемещение содержимого любой транспортной трубы до 7 процентов [2]. Это обусловлено более выгодным энергетическим состоянием естественного вихревого течения жидкости по сравнению с прямолинейным. Установка завихрителя перед трубопроводом круглого сечения позволяет придать потоку жидкости эту естественную форму потока и снизить гидравлические потери. Положительный эффект от устройства можно объяснить тем явлением, что любое тело или вещество, будучи предоставлено само себе, стремится принять наиболее энергетически выгодное состояние, и перемещается по наиболее выгодной траектории, обеспечивающей минимальные потери энергии. Данная установка может иметь вид вихревого выреза в полимерном покрытии, что существенно упрощает процесс изготовления и уменьшает себестоимость.

Следующим эффективным примером биомимикрии является структура рыбьей чешуи, так как благодаря ей исследователи из Лондонского и Штутгартского университетов нашли возможность снизить лобовое сопротивление самолетов и, как следствие, увеличить их скорость [6]. Ученые изучили топологию чешуи европейского морского окуня и карпа. Проведенное исследование позволило сформулировать вывод о том, что перекрывающиеся области на поверхности рыбьей чешуи при контакте приводят к зигзагообразному движению. Зигзагообразное движение жидкости создает так называемый «полосатый поток». Данный вид движения нейтрализует неустойчивые колебания, приводящие к турбулентности. Применение такого экспериментального подхода в авиации способствовало уменьшению аэродинамического сопротивления более чем на 25%. Данное открытие может повлиять на форму полимерных покрытий внутренней поверхности трубопровода, что приведет к ещё большему снижению гидравлических потерь.

Дополнительным примером о возможности применения природного подхода в технических системах является изучение акулы Мако, которая считается самой быстрой из всех существующих акул [7]. Данный вид акулы способен развивать скорость до 100 км/ч. Один из секретов такой подвижности заключается в чешуйках, которые уменьшают сопротивление их тела с водой. Чешуя акул Мако имеет три «зуба». Было выявлено, что чешуйки создают небольшие вихри. В ходе исследования был раскрыт секрет "суперскорости" этого вида акул, заключающийся в способности поднимать чешую, меняя угол наклона ее пластинок. Использование структуры чешуи акулы Мако уже нашло применение в покрытии плавательных костюмов. Эта идея может применяться в адаптивной внутренней поверхности трубопровода, как покрытие с мелкими пластинками, которое так же приведёт к уменьшению гидравлического сопротивления.

Отличительным свойством чешуи является отсутствие задержки на ней бактерий. Так, покрытие, скопированное с чешуи галапагосской акулы фирмой Sharklet [5], представляет собой пластиковый листовый продукт, структурированный для предотвращения роста бактерий. Это изобретение применяется в больницах и других местах с относительно высоким потенциалом распространения бактерий и возникновения инфекций. При эксплуатации нефтепроводов существует проблема асфальтосмолопарафиновых отложений на стенках трубопровода. Данная технология является потенциальным решением данной проблемы.

Касаемо площадочных сооружений наиболее важной частью являются основные насосы, которым требуется много электроэнергии для преобразования энергии вращения в кинетическую энергию. В этом случае наблюдение за природой может помочь решить инженерную задачу улучшения рабочих параметров насоса.

Было замечено, что у китов на краю плавника имеются специальные бугорки, которые помогают им разделять воду на несколько потоков. Исследования установили, что добавление бугорков к передним краям аэродинамических поверхностей напрямую устраняет фундаментальные ограничения обычных аэродинамических характеристик. Такие поверхности имеют такое преимущество, при котором аэродинамические поверхности бугорков обладают повышенной стабильной подъемной силой.

Бугорчатые аэродинамические поверхности обеспечивают стабильную работу в непревзойденном диапазоне углов сваливания и, когда они действительно сваливаются, они останавливаются постепенно, что делает эту технологию ещё лучше. Они буквально революционизируют низкоскоростные характеристики, намного превосходящие любые обычные лезвия. Основываясь на этом, WhalePower Corporation готова применять данную технологию на турбинах, компрессорах, насосах и вентиляторах [8].

В основе ветряных турбин лежит проблема корневой утечки, которая лишает их мощности. Чтобы решить эту проблему, ученые обратились к двум наиболее эффективным естественным способам передвижения в жидкостях: зимородку и кленовым семенам. Зимородок, как отмечалось ранее, обязан своей репутацией благодаря тому, как его клюв позволяет ему нырять в воде с едва заметной рябью, фактиче-

ски перемещая жидкость вокруг себя с точной скоростью. Когда семя клена падает на землю, оно движется по воздуху с наименьшим сопротивлением.

PowerCone основывается на данных принципах зависящей от времени энергоэффективности, он поглощает порывы ветра и плавно направляя ветер от основания к внешним промежуткам лопастей (сглаживает входящие порывы ветра и выравнивает воздушный поток относительно лопастей турбины), увеличивая крутящий момент, уменьшая скорость вращения и увеличивая коэффициент мощности турбины. Это снижает турбулентность, вибрацию и связанные с ними нагрузки на ротор, подшипники и трансмиссию.

Инженерные решения WhalePower и PowerCone могут найти применение в устройстве колёс насосов, которые являются существенным местным сопротивлением. Благодаря технологии PowerCone на лопасти насоса может направляться поток вещества, что стремительно уменьшит показатель местного сопротивления насоса. В связи с высокими энергозатратами увеличение коэффициента полезного действия на каждую сотую долю процента является выигранным.

Приведенные случаи применения природных адаптивных механизмов окружающей среды и живых организмов показали, что естественный отбор, который происходил в течение 4 миллиардов лет, создал в экосистемах оптимальные инженерные приспособления с лучшими техническими решениями. Исследование существующих адаптивных природных конструкций было проведено с акцентом их экстраполяции на объекты магистрального трубопроводного транспорта.

Проведенный обзор показал, что такие природные механизмы можно использовать, как на линейных, так и на площадочных объектах. Так, для снижения гидравлических потерь в стальных трубопроводах можно применять гладкостные антифрикционные покрытия, закручивание потока с помощью изменения геометрии внутренних полимерных поверхностей, пластинчатое внутреннее полимерное покрытие с мелким размером каждого элемента и адаптивное внутреннее покрытие. Для снижения потерь в магистральном насосном оборудовании можно применить структуру специальных диагональных вырезов на лопатках рабочего колеса и внутренней поверхности корпуса насоса, а также конструкцию, направляющую перекачиваемый поток от центра к периферии рабочего колеса. Данные предложения носят теоретический характер и требуют дальнейших исследований на физическом экспериментальном оборудовании либо в специальных комплексах для моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт информационного агентства «Деловой Петербург» / Энергетическая эффективность бизнеса: работа на будущее [Электронный ресурс] / Информационное агентство «Деловой Петербург». — Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2020/09/28/ENergojeffektivnij_biznes – Дата доступа: 16.02.2020
2. Иншаков Р.С., Балабуха А.В., Анисимова Е.Ю., Цырендашиев Н.Б., Панасенко Н.Л., Цыбуля И.И. / Применение завихрителя потока движущейся среды для снижения гидравлических потерь в трубопроводах // Вестник Евразийской науки, 2018 №3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/36SAVN318.pdf> – Дата доступа: 11.05.2020
3. В.Шаубергер. Энергия воды. – М.: Яуза-Эксмо, 2007
4. Official webpage of the American Information Energy Agency [Electronic resource] / American Information Energy Agency. — Mode of access: http://www.un.org/en/development/desa/policy/wesp/wesp_archive/2012chap2.pdf – Date of access: 16.11.2020
5. Official website of the American Institute of Biomimicry [Electronic resource] / Institute of Biomimicry. — Mode of access: <https://biomimicry.org/biomimicry-examples/>. — Date of access: 05.04.2021
6. Muthukumar Muthuramalingam, Dominik K. Puckert, Ulrich Rist&Christoph Bruecker / Transition delay using biomimetic fish scale arrays [Electronic resource] / – Press Agency «Nature Portfolio». — Mode of access: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-71434-8> – Date of access: 22.01.2021
7. Zhang, Hao Yan, Minghui Zhang, Qingshan Wu, Mingjie Liu, Lei Jiang, Cunming Yu, Mengfei Liu / Bio-inspired drag reduction: From nature organisms to artificial functional surfaces [Electronic resource] / – Press Agency «Elsevier». — Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.giant.2020.100017>– Date of access: 18.02.2021
8. Official website of the international consulting engineering company [Electronic resource] / – Consulting engineering company «WhalePower». — Mode of access: <https://whalepower.com/examples> – Date of access: 05.02.2021

УДК 347.842

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ГИДРОФОБНЫХ И СУПЕРГИДРОФОБНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ВНУТРЕННИХ ПОКРЫТИЙ ТРУБОПРОВОДОВ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ****Д. САРЕЛО, М. СТУДЕНКОВА**
(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)

В статье рассмотрена возможность применения гидрофобных покрытий на внутренних поверхностях оборудования магистрального транспорта для снижения площади смачиваемости и гидравлической шероховатости. Проведен теоретический расчет для рассмотрения последующей возможности применения данной методики на практике. Сделан вывод о необходимости дальнейшего исследования преимуществ метода гидрофобизации в трубопроводном транспорте.

Одним из основных технологических процессов энергетических систем нефтяного комплекса является транспорт углеводородного сырья по трубопроводным системам, на функционирование которых затрачивается большое количество электроэнергии. Вопросы энергосбережения широко рассматриваются в разных нормативных документах, в том числе в СТБ 1771–2010 Энергопотребляющее оборудование. Так одним из важнейших и актуальных вопросов для мирового научного сообщества был и остается вопрос об исследовании структуры потока жидкости вблизи гидрофобных поверхностей и в особенности в пристенной зоне.

Основными причинами, увеличивающими износ и снижающими степень надежности различных трубопроводных систем, являются образование отложений на внутритрубных поверхностях и коррозионные процессы, обусловленные агрессивностью транспортируемых сред. Коррозионные процессы увеличивают шероховатость поверхности трубопроводов и влияют на увеличение коэффициент гидравлического трения, ускоряя накопление слоя отложений на внутренней поверхности. Образование асфальтосмолопарафинистых отложений приводит к сужению проходного сечения трубопроводов, что в свою очередь приводит к необходимости постоянно повышать входное давление перекачиваемой среды для обеспечения расчетного расхода. Так повышение магистрального давления приводит к снижению надежности и эффективности работы магистрального трубопровода как за счет увеличения количества аварий, связанных с разрывом трубопроводов и образованием свищей, так и за счет работы перекачивающих станций не в номинальном режиме, приводящей к увеличению скорости износа насосных агрегатов и снижению их КПД. В нефтепроводах для снижения гидравлических потерь в основном применяются депрессорные присадки, являющиеся ингибиторами образования асфальтосмолопарафиновых отложений, противотурбулентные присадки, изменяющие коэффициент гидравлической эффективности, и подогрев транспортируемой жидкости. В результате применения данного метода оказывается влияние на физико-химические свойства транспортируемого сырья.

В то же время для дополнительного эффективного уменьшения гидравлического сопротивления необходимо учитывать исходное состояние поверхности трубопроводов. Таким образом, можно использовать другой метод, оказывая влияние на внутреннюю поверхность трубопровода. В ходе данного способа применяются защитные гладкие эпоксидные и силикатно-эмалевые покрытия со сниженным коэффициентом абсолютной шероховатости, а также гидрофобные покрытия с уменьшенной площадью смачиваемости поверхности. Применение модифицированных внутренних покрытий с гидрофобными свойствами является перспективным и еще недостаточно изученным направлением. Представляется возможным использовать внутренние гидрофобные покрытия в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, что требует дополнительных исследований и уточнений при расчете гидравлических параметров с учетом гидрофобности поверхностей и изменений особенностей движения потока транспортируемой среды.

Основные подходы к снижению гидравлического сопротивления, обусловленные гидрофобностью поверхностей, были предложены Р.Н. Вензелем (1936 г.), Б.Д. Кассье и С. Бакстером (1944 г.). Данные подходы основаны на использовании имеющихся в природе подобных явлений, в частности, на имитации свойств листа лотоса [1]. Механика процесса эффекта лотоса заключается в том, что благодаря высокому поверхностному натяжению капли воды стремятся уменьшить поверхность, собираясь с сферическую форму. При контакте жидкости с поверхностью силы сцепления приводят к смачиванию поверхности. Степень смачивания зависит от структуры поверхности и от натяжения жидкости капли. Степень смачивания зависит от структуры поверхности и от натяжения жидкости капли [2].

Суть гидрофобизации при перспективном использовании во внутренних поверхностях трубопроводов заключается в достижении эффекта лотоса в технических системах путем модификации рельефа поверхности с последующей ее гидрофобизацией, в частности, посредством поверхностно активных ве-

ществ в транспортируемой жидкости либо с помощью гидрофобных соединений во внутреннем покрытии. Площадь контакта капли жидкости в обычном трубопроводе много больше площади контакта капли жидкости в трубопроводе с гидрофобным покрытием. Предположительно, свободная область под жидкостью предположительно заполняется газом. Всё это способствует снижению гидравлического сопротивления.

Известно, что гидравлическое сопротивление трубопровода определяется по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{d} \quad (1)$$

где ΔP – перепад давления, Па;

λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения, зависящий в общем случае от числа Рейнольдса и относительной величины шероховатости внутренней поверхности трубопровода;

L - длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

ρ - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

v – скорость движения перекачиваемой жидкости, м/с.

Из данной формулы следует, что основное влияние на гидравлическое сопротивление оказывают плотность и скорость перекачиваемой среды, диаметр трубопровода, его длина и шероховатость внутренней поверхности.

Сопротивление трубопроводов с модифицированной гидрофобной поверхностью не может быть корректно рассчитано по формуле (1) из-за изменения условий смачивания поверхности и структуры потока в пристенной зоне. Общепринятой характеристикой смачиваемости поверхности является угол смачивания θ между каплей и плоскостью поверхности. Однако для поверхности трубопроводов более важную роль играют угол скатывания α и эквивалентная шероховатость k_a , характеризующие гидравлические свойства поверхности. Исходя из формулы (1) можно сделать вывод о том, что при постоянных параметрах d , L , ρ гидравлическое сопротивление определяется значением коэффициента λ , который является функцией характеристик смачивания, т.е. $\lambda = f(\theta, \alpha, k_a)$ [1]. Анализ литературных источников, содержащих проведенные физические и расчетные эксперименты по целенаправленному повышению эффективности эксплуатации и совершенствованию гидравлического расчета трубопроводов с гидрофобизированными функциональными поверхностями позволил выявить в рамках исследования общий алгоритм действий, состоящий из следующих этапов [3]:

- Определение исходного гидравлического сопротивления системы;
- Определение общего коэффициента потерь на трение по длине λ (при этом необходимо знать длины трубопроводов различных диаметров, входящих в систему)
- Определение исходной эквивалентной шероховатости;
- Определение исходных характеристик функциональных поверхностей трубопроводной системы, состоящих из труб различного диаметра;
- Определение необходимой оптимальной толщины гидрофобизирующего слоя и максимально возможного снижения сопротивления для труб различного диаметра соответственно.

Для трубопроводов с большим количеством отложений различной плотности требуется предварительное их удаление тем или иным способом, в том числе за счет применения тех же поверхностно-активных веществ, применяющихся для формирования гидрофобизирующего покрытия. В связи с этим большой интерес представляет рассмотрение преимуществ внедрения метода гидрофобизации внутренних покрытий магистрального трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1.Расчёт трубопроводных систем с учётом степени гидрофобности внутренних поверхностей / М.А. Морозов [и др.] // Трубопроводный транспорт нефти – 2016. – №4. – 131-134 с.
2. 2.Гибридные гидрофобные поверхности в борьбе с солеотложениями на деталях нефтепогружного оборудования / С.В. Ладанов [и др.] // Добыча нефти и газа – 2020. – №6. – 52-55 с.
3. М.А. Морозов Расчетно-экспериментальные исследования гидравлических характеристик трубопроводов систем теплоснабжения с учетом степени гидрофобности функциональных поверхностей: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.04.16 / М.А. Морозов – Москва, 2016 – 134 с.

УДК 397.817

**О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДА ГИДРОФОБИЗАЦИИ
ВНУТРЕННИХ ПОКРЫТИЙ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ
МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА****Д. САРЕЛО, М. СТУДЕНКОВА**
(Представлено: А. Н. ВОРОНИН)

В статье рассмотрены и проанализированы варианты применения гидрофобных покрытий на внутренних поверхностях оборудования магистрального транспорта. Данное покрытие можно применять на трубопроводах, рабочих колёсах насосов для уменьшения энергозатрат. Сделан вывод о необходимости исследования теоретических и практических аспектов гидрофобизации и внедрения метода в масштабное производство.

Трубопроводные системы играют важную роль во многих сферах деятельности человека. По трубопроводам осуществляется транспортировка жидких энергоносителей, без которых невозможно существование промышленных гигантов. Все трубопроводные системы от нефтепроводных до кровеносной системы человека имеют схожие проблемы – уменьшению диаметра проходного сечения вследствие появления отложений, разрушением стенок под воздействием различных процессов. Все перечисленное приводит к увеличению гидравлического сопротивления.

Анализ современных научно-технических статей показывает, что на сегодняшний день появились перспективные пути развития трубопроводных систем с точки зрения значительного улучшения гидродинамики – создание поверхностей, обеспечивающих появление эффекта проскальзывания. Появление эффекта проскальзывания при течении жидкости по трубопроводам полностью меняет традиционные подходы к расчету трубопроводных систем, в частности, в научном сообществе нет ясности относительно справедливости гипотезы «прилипания» применительно к гидрофобным и ультрагидрофобным поверхностям. Наилучшие результаты показывает сочетание методов инженерии поверхности с применением гидрофобизаторов, что позволяет значительно уменьшать гидравлическое сопротивление.

Существует три способа гидрофобизации:

- Поверхностная – нанесение гидрофобизатора на готовую поверхность;
- Объемная – внесение гидрофобизирующего средства в материал в процессе производства;
- Комбинированная – оптимальный способ, сочетание двух вариантов обработки: поверхностной и объемной.

Преимущества применения гидрофобных покрытий было экспериментально подтверждено в ряде научных исследований. Так, исследование, проведенное на насосном оборудовании [1, 2, 3], показало, что модифицированное покрытие оказало положительное влияние на гидродинамическое воздействие элементов проточной части центробежных насосов и отдельные виды потерь в центробежных насосах. За счёт гидрофобизации элементов проточной части центробежных насосов было отмечено снижение вибрации на 25-30%, акустического шума на 10-15%, износа механизмов в 2-5 раз, а также снижение потребляемой мощности в среднем на 7–10 Вт на 1 м³ перекачиваемой жидкости. Представляется целесообразным данный подход также применить на насосном оборудовании магистрального трубопроводного транспорта.

Возможность применения гидрофобных покрытий в сетях водоснабжения была предложена в работе [4,5]. Модификация внутренней поверхности трубопровода осуществлялась путем введения поверхностно активных веществ с формированием молекулярных слоев. В результате экспериментов на лабораторном стенде были получены оптимальные значения снижения гидравлического сопротивления для трубопровода Ду50 длиной l=4м при угле смачивания $\theta=141^\circ$ и угле скатывания $\alpha=32^\circ$. При увеличении внутреннего диаметра трубопровода величина максимального снижения гидравлического сопротивления уменьшается, для Ду50 оно максимально составило приблизительно 30% в зависимости от скорости потока. Было отмечено, что существуют оптимальные характеристики гидрофобизирующего слоя (толщина молекулярных слоев поверхностно активных веществ, угла смачивания и скатывания), приводящие к максимальному снижению сопротивления для каждого диаметра трубопровода.

Применение гидрофобных покрытий нашло место и в отрасли добычи нефти [1]. При добыче нефти одной из наиболее распространённых причин отказа нефтепогружного оборудования является солеотложение на погружном электродвигателе, рабочих органах электроприводных центробежных насосов, в фильтрующих системах. Доля отказов установок электроцентробежных насосов достигает до 30% общего числа отказов. Эффективными методами в борьбе с солеотложениями в электроцентробежных насосах являются применением низкоадгезионных рабочих органов электроцентробежных насосов из полимерных материалов с повышенной стойкостью к солеотложению. Рабочие колёса электроцентробежных насосов с гидрофобным покры-

тием на основе полифениленсульфида успешно справляются с солеотложениями. Фильтры входных модулей электроцентробежных насосов, покрытые гидрофобным покрытием, имеют ряд преимуществ перед другими фильтрами: низкое гидравлическое сопротивление, высокая пропускная способность, регенируемость, упругие свойства материала, обеспечивающие длительную и эффективную работу оборудования, уменьшение солеотложения на фильтрующих элементах решётки увеличивая наработку. Кроме того, фильтроэлементы с гибридным гидрофобным покрытием теоретически могут быть использованы для сепарации нефтепродуктов из обводненной пластовой жидкости.

Важной особенностью является выбор определенного гидрофобного материала для каждой конкретной задачи. Материалами для гидрофобного покрытия являются фтортеломеры такие как тетрафтороэтилен, фтортеломер сульфоната, фтортеломер акрилата, метилакрилат. Они обладают такими свойствами как термостойкость, низкое поверхностное натяжение, химическая стойкость, отталкивает воду и жир. Данные материалы обладают свойствами которые соответствуют требуемым для придания гидрофобности внутренним поверхностям трубопроводов, узлам и деталям насосных агрегатов, а так же для оборудования используемого в нефтедобыче [6]. Задача по выбору материала для внутренних поверхностей магистрального трубопровода может зависеть от физико-химических характеристик перекачиваемой жидкости и нуждается в дальнейшем исследовании.

В дальнейших перспективах в качестве придания гидрофобности поверхности может появиться возможность использования специальной лазерной технологии по приданию металлу супергидрофобных свойств, впервые проведенной в университете Рочестера [7]. Суть данной технологии заключается в том, что на поверхность металла с помощью фемтосекундного лазера наносятся микро- и наноразмерные структуры, которые способны захватывать и удерживать воздух. Изделия из таких материалов не тонут в воде, даже после повреждений и пробоин, что может свидетельствовать о их долговечности и стойкости к механическому воздействию. При погружении металлической пластины в воду вокруг её образуется воздушный пузырь который выталкивает его на поверхность. Процесс нанесения структуры является очень трудоёмким и дорогостоящим. Для обработки поверхности размером 2,5 см² требуется час. Данный метод гидрофобизации является очень перспективным и имеет очень огромный потенциал в трубопроводном транспорте с целью уменьшения гидравлического сопротивления, но для обработки поверхности с большой площадью требуются очень мощные и дорогостоящие лазеры, и доработка самой методики нанесения структуры, что не даёт возможность использования данного метода в масштабных целях на сегодняшний день.

При анализе работ, касающихся применения метода модификации поверхностей с помощью нанесения гидрофобных покрытий и создания микро- и наноразмерных структур, можно сделать вывод об эффективности данного метода в отрасли трубопроводного транспорта и нефтедобычи. Для внедрения гидрофобизации в масштабное использование нужно произвести дополнительные исследования с помощью компьютерного моделирования и произвести дополнительные расчёты по уточнению коэффициента гидравлического сопротивления, который оказывает влияние на гидравлическое сопротивление трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гибридные гидрофобные поверхности в борьбе с солеотложениями на деталях нефтепогружного оборудования / С.В. Ладанов [и др.] // Добыча нефти и газа – 2020. – №6. – 52-55 с.
2. Повышение ресурса динамического оборудования путём модификации поверхностей фторосодержащими поверхностно-активных веществ / К.А. Путиев, А.А. Случаев // Вестник арматурщика – 2015. – №8. – 42-48 с.
3. О возможности снижения гидравлического сопротивления трубопроводов систем теплоснабжения / В.А. Рыженков, А.С. Седлов, А.В. Рыженков // Энергосбережение и водоподготовка – 2007. – №5. – С.22-26.
4. Морозов М.А. Расчётно-экспериментальные исследования гидравлических характеристик трубопроводов систем теплоснабжения с учётом степени гидрофобности функциональных поверхностей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.14.04 / М.А. Морозов. – Москва, 2016. – 134с.
5. Г.П. Хованов Исследование влияния гидрофобности поверхностей элементов проточной части на эксплуатационные качества и отдельные виды потерь центробежных насосов: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.04.13 / Г.П. Хованов – Москва, 2012 – 20 с.
6. Официальный сайт представительства компании DuPont / Фторированные ПАВ. Применение при разработке нефтяных месторождений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tio2-titan.ru/Ftor-PAV.pdf> – Дата доступа: 02.04.2021
7. Highly Floatable Superhydrophobic Metallic Assembly for Aquatic Applications / Z. Zhan [et al.] // Applied materials and interfaces – 2021. – №11. – P.12-17.

УДК 696.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В. А. ЯКОВЛЕВА, Е. Ю. ДОРОФЕЕВ

(Представлено: канд. техн. наук А. М. НИЯКОВСКИЙ)

В результате выполненных натурных исследований установлены величины фактических расходов воды в системах горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов. Показано, что нормативные расходы горячей воды в расчете на одного потребителя в сутки и в час наибольшего водопотребления превышают имеющие место фактически.

Потребление воды в системах горячего водоснабжения (СГВ) многоквартирных жилых домов носит случайный характер и может быть определено либо путем измерений фактических расходов, либо описано как детерминированный вероятностный (стохастический) процесс с использованием инструментов теории массового обслуживания.

Согласно такой детерминированной методике распределение случайной величины спроса считается биномиальным, а расчетная величина секундного расхода воды в СГВ определяется с учетом вероятности и математического ожидания включения водоразборных приборов. Применительно к СГВ с большим числом приборов и потребителей математическое ожидание включения приборов можно рассматривать как среднее арифметическое от числа всех включений в рассматриваемой системе за выбранный промежуток времени [1–5].

Предельным вариантом биномиального распределения является Пуассоновский процесс, что позволяет в рассматриваемом случае полагать существование следующего предельного состояния [1]:

$$\left. \begin{array}{l} N \rightarrow \infty \\ P \rightarrow 0 \end{array} \right\} \Rightarrow N \cdot P = \alpha, \quad (1)$$

где N – число водоразборных приборов в СГВ; P – вероятность действия водоразборных приборов в СГВ; α – математическое ожидание распределения Пуассона, представляющее собой некоторую известную константу для данного сочетания N и P .

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы горячего водоснабжения определяется при использовании данной методики по формуле [5, 6]:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600}, \quad (2)$$

где $q_{hr,u}^h$ – норма расхода горячей воды одним потребителем (одним человеком) в час наибольшего водопотребления, л/ч;

U – число потребителей в СГВ, чел.;

q_0^h – норма расхода горячей воды одним водоразборным прибором, л/с;

N – число водоразборных приборов в СГВ.

Как следует из уравнения (2), вероятность действия приборов, а следовательно, и расчетные расходы воды на участках трубопроводов СГВ, находятся в прямой зависимости от величин расходов, принятых в качестве нормативных. Таким образом, требует отдельного исследования вопрос о величине фактического потребления воды в СГВ в сравнении с нормативными значениями.

Задачей данной статьи является обобщение сведений о фактическом потреблении горячей воды жителями многоквартирных жилых домов массовой застройки на нужды горячего водоснабжения.

Исследование выполнено путем анализа статистических данных, полученных в КУП «Новополоцкое ЖРЭО», с учетом ранее опубликованных результатов подобного исследования, проведенного кафедрой «Теплогазоводоснабжение и вентиляция» Полоцкого государственного университета в КУП «ЖКХ г. Полоцка».

Полевая стадия исследований в КУП «Новополоцкое ЖРЭО» была выполнена в феврале – марте 2021 года путем анализа и обобщения статистических отчетных данных о показаниях поквартирных счетчиков расхода горячей воды, а также сведений, полученных в результате исследования данных штатного регистрирующего оборудования, установленного в индивидуальных тепловых пунктах зданий. В таблицах 1 и 2 представлены результаты обработки исследованных баз данных.

Таблица 1. – Сведения о фактическом среднесуточном потреблении горячей воды в расчете на одного жителя, q_u^h , л/сут.

Характеристика здания			Месяц года									
Номер здания п.п.	Этажность	Число жителей	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	9	206	52,4	50,2	51,0	56,0	53,0	51,4	58,1	56,7	52,2	55,0
2	9	113	42,5	28,5	46,1	52,2	53,5	41,0	41,0	47,8	44,9	41,1
3	5	197	48,5	70,0	47,1	59,4	48,6	58,9	49,9	50,3	52,8	50,7
4	5	189	53,5	43,0	54,9	50,9	61,8	53,0	57,9	48,6	52,0	54,4

Таблица 2. – Сведения о фактических расходах воды в час наибольшего водопотребления в расчете на одного жителя, $q_{hr,u}^h$, л/ч

Характеристика здания		Месяц года									
Номер здания п.п.	Число жителей	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	206	9,3	8,9	9,1	10,0	9,4	9,1	10,3	10,1	9,3	9,8
2	113	7,6	5,1	8,2	9,3	9,5	7,3	7,3	8,5	8,0	7,3
3	197	8,6	12,4	8,4	10,6	8,6	10,5	8,9	8,9	9,4	9,0
4	189	9,5	7,6	9,8	9,0	11,0	9,4	10,3	8,6	9,2	9,7

В результате статистической обработки данных таблиц 1 и 2, выполненной с учетом требований теории вероятностей и математической статистики [7, 8], получены следующие средние значения расходов горячей воды для расчета СГВ: $q_u^h = 51$ л/(чел.сут); $q_{hr,u}^h = 9,1$ л/(ч.чел.). При этом соответствующие нормативные значения равняются соответственно 105 л/(чел.сут) и 10 л/(ч.чел.). Эти результаты подтверждаются и данными, опубликованными в [9], согласно которым расходы горячей воды в расчете на одного потребителя ниже нормативного на 20–46 %.

Выводы:

1. Установлено, что нормативные расходы горячей воды в расчете на одного потребителя в сутки и в час наибольшего водопотребления существенно превышают имеющие место фактически.
2. Использование завышенных против фактических нормативных исходных данных ведет к соответствующему завышению конструктивных и эксплуатационных параметров систем горячего водоснабжения, однако степень и характер такого влияния точным образом еще не определены, что требует дополнительного специального исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлудов, А. В. Горячее водоснабжение. в – 4-е изд., перераб. – М.: Госстройиздат, 1957. – 464 с., ил.
2. Шопенский, Л. А. Исследование режимов работы водопроводов жилых зданий: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. : дис. ... канд. техн. наук : 05.14.04 / Л. А. Шопенский; Объедин. совет при ЦНИИЭП жилища. – Москва, 1968. – 34 с.
3. Шопенский, Л. А. К вопросу о методике определения расчетных расходов воды в водопроводных сетях зданий различного назначения и их комплексов / Л. А. Шопенский // Водоснабжение и санитарная техника. – №12. – 1975.
4. Шопенский, Л. А., Юрьева, И. Р. Приемы вычисления расходов водопроводов зданий различного назначения и микрорайонов / Л. А. Шопенский, И. Р. Юрьева // Водоснабжение и санитарная техника. – №11. – 1968.
5. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения Н. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак, И. Б. Покровская, Е. И. Прохоров. – М.: Стройиздат, 1988 г. — 314 с.

6. Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования = Сістэмы ўнутранага водазабеспячэння будынкаў. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-4.01-52-2007 (02250). – Введ. 21.12. 07 (Введен впервые). – Минск : Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2008. – 48 с.
7. Обработка экспериментальных данных в MS Excel : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной формы обучения / сост. Е. Г. Агапова, Е. А. Битехтина. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. – 32 с.
8. Бараз, В.Р. Использование MS Excel для анализа статистических данных : учеб. пособие / В. Р. Бараз, В. Ф. Пегашкин; М-во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). – 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 181 с.
9. Нияковский, А.М. Особенности подбора пластинчатых теплообменников горячего водоснабжения в модернизируемых тепловых пунктах жилых зданий / А.М. Нияковский, А.А. Нияковский, А.Ю. Сидорова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 158–164.

УДК 666.973.2

ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ИЗМЕЛЬЧЕННЫЙ ТРОСТНИК

И.А. ПЕТЕРЕНКО

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ, канд. техн. наук, доц. Н.В. БАКАТОВИЧ)

Первоначально отдельно определены коэффициенты теплопроводности для измельченного тростника гигантского и ржаной соломы без связующего компонента. Также исследованы показатели теплопроводности для смеси заполнителя, содержащей 20 – 30 % соломы. Жидкое стекло вводили в композиции с расходом соломы 30 и 50 % от массы структурообразующей смеси. По итогам исследований установлено, что при соотношении арундо тростникового и соломы 1:1, расходе жидкого стекла 20% от массы растительной смеси при плотности образцов 176 кг/м^3 достигается минимальный коэффициент теплопроводности равный $0,053 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

Введение. Мировая практика разработки новых теплоизоляционных материалов на растительном сырье показывает, что практически в любой стране с подходящими климатическими условиями произрастают дикие растения или сельскохозяйственные культуры, являющиеся потенциальными источниками для получения структурообразующих материалов утеплителей. Известно применение в качестве исходного сырья для изоляции соломы злаковых культур, рисовой лузги, волокон коры эвкалипта и масляной пальмы, очесов льна, волокон конопли [1 - 5]. Потенциал использования растительного сырья далеко не исчерпан. Кроме того, растительные материалы относятся к возобновляемым источникам сырья. Благодаря своей экологической чистоте и безопасности для здоровья человека изоляция на растительном сырье становится все более востребованной при строительстве в первую очередь индивидуальных домов. Однако следует уделять внимание и экологичности связующих компонентов, т.к. использование фенолформальдегидных смол оказывает сильное негативное воздействие на здоровье человека. В качестве экологических безопасных вяжущих используют жидкое стекло, гипс, глину, крахмал [1, 4, 5]. Поиск структурообразующего растительного сырья для изготовления тепловой изоляции является весьма актуальным и перспективным направлением в строительной отрасли.

Материалы и методы. Частицы из измельченного стебля арундо тростникового (тростника гигантского) использовали в качестве основного структурообразующего компонента для тепловой изоляции. Арундо тростниковый произрастает в южных регионах Европы в т.ч. и Португалии. Полые стволы свежевырезанного тростника нарезали на цилиндры длиной 30 - 50 мм на ленточной пиле, а затем измельчали в шаровой мельнице, высушивали и фракционировали. Для изготовления образцов утеплителей использовали частицы тростника длиной 10 - 30 мм.

Дополнительным структурообразующим компонентом являлась солома ржи, получаемая в больших объемах в разных странах. Для переработки соломы использовали измельчитель типа Эликор-1 завода ПАО «Электромотор» (Украина). На выходе из измельчителя получали солому в виде мелких пластинок длиной 5-10 мм и шириной 1-2 мм. Высота соломенной пластинки соответствовала толщине стенки стебля ржи равной менее 1 мм.

В качестве вяжущего использовали натриевое жидкое стекло, производимое на ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат» (Беларусь) и отвечающее требованиям ГОСТ 13078.

Коэффициент теплопроводности экспериментальных утеплителей измеряли согласно СТБ 1618 «Методы определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме» на образцах-плитах размером $250 \times 250 \times 30$ мм.

В первой серии образцы формовали без связующего. Необходимое количество материала укладывали и равномерно распределяли в приборе ИТП - МГ4 для установления показателя теплопроводности. Во второй серии образцов заполнитель перемешивали с модифицированным жидким стеклом. Предварительно производили дозировку компонентов. В жидкое стекло вводили сначала известь и перемешивали до однородной консистенции, а затем добавляли гипс. Сырьевую смесь равномерно укладывали в форму и подпрессовывали. Образцы выдерживали в форме 4 часа при температуре $20 \pm 2 \text{ °C}$, а затем высушивали в течение 12 часов в сушильном шкафу при температуре 40 - 45 °C. После определяли среднюю плотность и теплопроводность плит.

Сырьевые материалы и образцы теплоизоляционных плит высушивали в сушильном шкафу SNOL60/300 LFN (Литва). Настольные электронные весы ВНЭ-35 (УП «Завод Эталон» Беларусь) использовали для определения массы образцов и сырьевых материалов.

Экспериментальные исследования. Теплопроводность измельченного тростника имеет достаточно высокие показатели $0,057-0,059 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. С учетом имеющегося опыта [1, 7], решено вести второй

компонент заполнителя в виде измельченной соломы. Коэффициент теплопроводности измельченной ржаной соломы равен 0,045 Вт/(м·°С). Первоначально, заменили 20 и 30 % тростника по массе измельченной соломой. Влияние расхода соломы на теплопроводность смеси заполнителя изучали при изменении плотности от 120 до 180 кг/м³. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Коэффициент теплопроводности смеси тростника и соломы

Соотношение тростника к соломе, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), при плотности, кг/м ³			
	120 (225)*	140 (260)*	160 (300)*	180 (340)*
80:20	0,055	0,05	0,049	0,052
70:30	0,055	0,047	0,048	0,05

*- расход смеси заполнителя по массе, г, на образец-плиту размером 250×250×30 мм.

При соотношении 80:20 коэффициент теплопроводности изменяется в пределах 0,049 – 0,055 Вт/(м·°С). Минимальное значение теплопроводности смеси заполнителя при плотности 160 кг/м³ на 11% ниже максимального показателя, соответствующего плотности 120 кг/м³. Увеличение расхода соломы до 30% обеспечило снижение коэффициента теплопроводности до 0,047 Вт/(м·°С), что меньше наибольшего значения на 15%.

Наименьшие коэффициенты теплопроводности 0,047 и 0,048 Вт/(м·°С) по результатам испытаний получен на смесях с соотношением массы тростника к соломе 70:30 при плотности 140 – 160 кг/м³. Введение измельченной соломы в количестве 30% привело к снижению коэффициента теплопроводности в среднем на 16 % относительно показателей измельченного тростника.

В качестве связующего для изготовления образцов-плит использовали жидкое стекло. Вяжущее обладает хорошей адгезией к основаниям растительного происхождения. Кроме того, жидкое стекло безопасно для окружающей среды. Соотношение тростника и соломы принято 70:30 и 50:50. Расход смеси заполнителя на образец плиту составил 250 – 300 г. Жидкое стекло вводили в количестве 40 – 70 г по сухому веществу. Формовку образцов-плит размером 250×250×30 мм производили под давлением 0,02 МПа. Образцы выдерживали в форме 5-6 часов, затем извлекали и в течение 8-9 часов высушивали в камере при температуре 40-50 °С. На полученных образцах-плитах исследовали влияние расхода жидкого стекла и смеси заполнителя, соотношения компонентов заполнителя на теплопроводность и плотность.

Результаты испытаний теплоизоляционного материала на основе тростника с добавлением соломы представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Составы и свойства тростниковосоломенных плит на жидком стекле

№ состава	Соотношение тростника к соломе	Расход на образец-плиту			Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
		заполнитель, г	жидкое стекло, г	вода, г		
1	70:30	300	40	510	185	0,057
2	70:30	300	55	485	189	0,059
3	70:30	300	70	455	197	0,064
4	70:30	270	40	510	165	0,054
5	70:30	270	55	485	176	0,057
6	70:30	270	70	455	181	0,062
7	70:30	250	40	510	155	0,061
8	70:30	250	55	485	163	0,063
9	70:30	250	70	455	170	0,068
10	50:50	300	40	510	181	0,054
11	50:50	300	55	485	189	0,056
12	50:50	300	70	455	197	0,059
13	50:50	270	40	510	165	0,051
14	50:50	270	55	485	176	0,053
15	50:50	270	70	455	181	0,057

По результатам испытаний установлено, что увеличение дозировки жидкого стекла с 40 г до 70 г приводит к увеличению коэффициента теплопроводности на 10 - 15 % и плотности на 12 - 16 кг/м³.

При соотношении тростника к соломе 70:30 наименьшие показатели теплопроводности получены на расходе заполнителя 270 и 300 г. Для составов 4, 5 коэффициенты теплопроводности составили

0,054 и 0,057 Вт/(м·°С) и является минимальными. Однако следует отметить слабосвязанную структуру образцов, что объясняется недостаточным количеством жидкого стекла. Плиты при незначительном усилии разрушались. При увеличении дозировки жидкого стекла (состав 6) формировалась более прочная структура, но происходило поверхностное шелушение заполнителя. Кроме того, возрастал коэффициент теплопроводности плит на 15 %.

Жесткие и прочные образцы теплоизоляционных плиты получены при плотности 300 г (составы 2, 3). Коэффициент теплопроводности составов 2,3 в среднем на 12 % превышает значения составов 4, 5 и на 29% показатели таблицы 1.

Для понижения коэффициента теплопроводности в составах 10 – 15 увеличили расход измельченной соломы до 50 % от общей массы. При расходе жидкого стекла в количестве 40 г на плитах составов 10 и 13 наблюдалось поверхностное шелушение при проведении ладонью по грани. На составах 11, 12, 14, 15 получены жесткие прочные плиты. Минимальный показатель теплопроводности 0,053 Вт/(м·°С) достигнут на образцах состава 14, что на 11% ниже показателей жестких плит состава 2.

Заключение

1. Коэффициент теплопроводности измельченного тростника имеет достаточно высокие показатели 0,057 – 0,059 Вт/(м·°С) при плотности 139 – 144 кг/м³. Введение второго компонента заполнителя в виде измельченной соломы обеспечило существенное снижение теплопроводности заполнителя. Наименьшие коэффициенты теплопроводности 0,047 и 0,048 Вт/(м·°С) по результатам испытаний получен на смесях с соотношением массы тростника к соломе 70:30 при плотности 140 – 160 кг/м³.

2. Увеличение количества измельченной соломы до 50% от общей массы заполнителя соответствующей 270 г при введении жидкого стекла в количестве 55 г позволило получить жесткие и прочные плиты плотностью 176 кг/м³ с обеспечением показателя теплопроводности 0,053 Вт/(м·°С).

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Bakatovich, N. Davydenko, Ensuring a sustainable structure and efficiency of thermal insulation strawboon slabs in full-scale conditions, *Scientific Journal of Riga Technical University «Construction Science»* – 2017. – vol. 20. – P. 4–9.
2. C. Buratti, E. Belloni, E. Lascaro, F. Merli, P. Ricciardi, Rice husk panels for building applications: thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials, *Constr. Build. Mater.* 171 (2018) 338–349. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.03.089.
3. Fuentealba, C. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus. / C. Fuentealba, J. Salazar, J. Vega-Lara, J. Norambuena-Contreras // The 13th PacificBim Bio-Based Composites Symposium "Bio-based composites for a sustainable future", Concepcion, Chile, 13-15 November, 2016 // University of Concepcion. - Concepcion, 2016, P. 46 – 50.
4. F. Gaspar, A. Bakatovich, N. Davydenko, A. Joshi, Building insulation materials based on agricultural wastes // *Bio-Based Materials and Biotechnologies for Eco-Efficient Construction* / F. Pacheco-Torgal, V. Ivanov, D. Tsang. – Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Elsevier, 2020 - P. 149-170. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819481-2.00008-8>.
5. S. Romanovskiy, A. Bakatovich, Full-scale study of flax fiber-based thermal insulating slabs on the atticfloor. 1st International Conference on Automation Innovation in Construction - CIAC 2019. Leiria. Polytechnical Institute of Leiria. 2019.
6. R. Pennacchio, L. Savio, D. Bosia, F. Thiebat, G. Piccablotto, A. Patrucco, S. Fantucci, Fitness: Sheep-wool and Hemp Sustainable Insulation Panels, *Energy Procedia.* 111 (2017) 287–297. doi:10.1016/j.egypro.2017.03.030.
7. A. Bakatovich, F. Gaspar, Composite material for thermal insulation based on moss raw material, *Constr. Build. Mater.* 228 (2019). doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.116699.

УДК 711.58

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ БЛАГОУСТРОЙСТВА ДЕТСКИХ ПЛОЩАДОК
НА УМСТВЕННОЕ И ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ****Р.М. ДУБИНА, А.Е. КОВАЛЕНКО**
(Представлено: В.И. МАТВЕЙЧУК)

В данной статье рассматриваются особенности влияния игр на детских площадках на умственное и физическое развитие детей. Проведены краткие исследования о том, как игры на детских площадках влияют на психосоматическое здоровье, поведение, интеллектуальное, физическое и социальное развитие детей.

Введение. Дети – это самая подвижная и активная группа населения, для формирования которой необходима определенная среда, особенные архитектурные условия. К игровым площадкам и устройствам для детей предъявляют специальные требования. Необходимо учитывать физиологию, привычки поведения детей и возраст:

- дошкольный возраст (1–7 лет);
- дети младшего и среднего школьного возраста (7–12 лет);
- старшего школьного возраста (12–16 лет).

Детские площадки могут располагаться отдельно друг от друга, если придомовая территория имеет большую площадь. А также бывают комплексные площадки, с общим оборудованием для различных возрастных групп детей. На территории жилой застройки предусматривается совмещение площадок для игр детей дошкольного и школьного возраста, площадок для отдыха взрослого населения с площадками для занятий физкультурой. Общая площадь площадки для игр детей дошкольного возраста и площадки для отдыха взрослого населения – не менее 150 м² согласно СН 3.01.03-2020 «Строительные нормы Республики Беларусь. Планировка и застройка населенных пунктов» [1].

Детские площадки должны способствовать развитию детей как физическому, так и умственному, давать волю детскому воображению. Оборудованные детские площадки должны создавать для детей мир фантазии, прививать навыки игр в команде, помочь сформировать и развить художественный вкус. Их цветовое сочетание должно вносить жизнерадостную атмосферу и разнообразие в городскую застройку. Разнообразные игры должны укреплять здоровье детей, учить их смелости и развивать ловкость. Смысловое выражение этих устройств очень важно для детей. Поэтому специалисты все чаще создают не простые качели, карусели, песочницы, а оформляют их в виде ракет, самолетов, автомобилей, фигур животных и так далее. Во многих городах появляются детские площадки, оформленные по тематическому замыслу (рис.1): сказочные крепости, замки, теремки, имитация морских, транспортных, космических, арктических, строительных сооружений. Малые архитектурные сооружения, используемые для лазания, балансирования, прыжков, подтягивания, развития мелкой моторики, способствуют всестороннему развитию ребенка.



Рисунок 1. – Пример детских площадок, оформленных по тематическому замыслу

Основная часть. В дошкольном возрасте важно уделять большое внимание физическому развитию ребенка. Так как значительную часть времени дети проводят на детских площадках, то нужно пытаться вовлечь их в различные виды игр во дворе [2].

Почему важность игр на открытом воздухе так велика для дошкольников? Одна из основных проблем современных детей – это малоактивный сидячий образ жизни. Для растущего детского организма важно как можно больше времени проводить на открытом воздухе. В процессе дворовых игр дети развивают ловкость, скорость реакции, выносливость и координацию движений. Играя с другими детьми, ребенок формируется как личность, становится частью команды, интеллектуально развивается, расширяет свои знания и память. Именно в это время двигательные навыки у дошкольников начинают усложняться, а координация движений совершенствуется [2].

Игра — это вовсе не праздное и шумное развлечение, а процесс подлинного развития личности. Это имитация бытовых, повседневных и даже рабочих ситуаций, максимально похожих на настоящие, но без ограничений и страха ответственности за принятое решение. Это самая эффективная тренировка перед взрослой жизнью. Ребенок во дворе, по идее, проходит тот же путь, который человечество уже прошло от первобытности до сегодняшнего дня. Дети во дворе не просто играют — они оцениваются и уверенно занимают определенное место в команде [5].

Дворовые игры сочетают в себе ходьбу, бег, прыжки в высоту и длину, лазание. Во время игры ребенок общается и учится работать с командой. В игре рождается дружба, развивается умение отстаивать собственное мнение или находить компромиссы, развивается уверенность. Игры во дворе прямо связаны со здоровым образом жизни. Благодаря мобильным дворовым играм, ребенок физически формируется: он становится более выносливым, сильным. Двигательная активность, в свою очередь, помогает улучшить работу дыхательной системы, усиливает кровообращение и обмен веществ.

Все дети любят увлекательные активные игры. Они кричат от радости, когда быстро летят в небо на качелях или катаются по кругу на карусели, постепенно увеличивая скорость. Таким образом дети получают дозу страха, которую они могут выдержать, и учатся управлять им. Ребенок во дворе понимает, что страх – это нормально, он естественен для любого человека и его можно контролировать и преодолевать собственными усилиями, с ним можно воевать как с большим соперником и ни в чем не уступать. В другие плюсы «общения» ребенка с окружающей средой — это взаимодействие с природой, более закаленный организм, эффективная профилактика детского ожирения (многие исследования показывают, что лишний вес часто связан с недостатком активных игр и общения со сверстниками), доверие к окружающей среде и просто координация в пространстве [5].

К сожалению, игры на природе перестали пользоваться популярностью с приходом эпохи компьютеров [2].

Несмотря на неблагоприятные дворовые условия (рис.2) прошлого, дети гораздо больше времени находились на улице из-за отсутствия телефонов и компьютеров. Сейчас же, с развитием общества и расширения городской застройки, ситуация изменилась в худшую сторону — показатели детского развития за последние 20 лет сильно изменились. Дети стали гораздо меньше двигаться, рано погружаться в виртуальный мир, меньше общаться «вживую» и больше закрываться в себе. Как следствие, дети позже начинают ходить и говорить, страдает концентрация навыка решения различных задач [3].



Рисунок 2. – Дворовые пространства с неудовлетворительным уровнем благоустройства

Например, работы, проведенные Институтом возрастной физиологии Российской академии образования, демонстрируют, что в странах СНГ количество школьников с проблемами в обучении составляет 20–40%. В докладе Всемирной организации здравоохранения за 2018 год признано, что физическая активность 80% детей недостаточна и это влияет негативно не только на их здоровье, но и на развитие мозга в целом. Исследования нейрофизиологов на протяжении последних 20 лет доказывают, что физическое движение и умственное развитие напрямую связаны. Если объем движений в жизни ребенка резко сокращается, он оказывается в группе риска: его тело и мозг могут перестать справляться с возрастающими повседневными задачами [3].

Вышеизложенное, заставляет обратить внимание на уровень благоустроенности дворовых и придомовых территорий. Для того чтобы исправить наметившуюся за последние года проблему в развитии детей, необходимо создавать такую городскую среду, которая способствовала бы гармоничному развитию личности. Благоустройство дворовых территорий должно учитывать потребности не только возрастных групп, указанных во введении, но и детей имеющих физиологические особенности. Ведь сейчас во дворах практически отсутствует оборудование и условия для игр и занятия спортом маломобильных групп населения. Что препятствует их развитию и социальной интеграции.

Заключение. Раскрытие большого потенциала мозга ребенка во многом зависит от маленькой детской площадки рядом с домом, поэтому решить возникшие проблемы можно путем организации условий для ежедневного гармоничного развития (рис.3). Очевидно, что необходимо сконцентрировать внимание общественности на детских площадках, ведь именно там формируются первичные сценарии поведения в обществе, стимулируется развитие физических и умственных способностей ребенка. От развития современных детей будет зависеть развитие всех последующих поколений, от этого непосредственно зависит наше будущее [5].



Рисунок 3. – Дворовые пространства с развитым уровнем благоустройства

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 3.01.03-2020 «Строительные нормы Республики Беларусь. Планировка и застройка населенных пунктов», Мн: Минстройархитектуры РБ, 2021.
2. Влияние дворовых игр на физическое развитие детей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: Влияние дворовых игр на физическое развитие детей. Воспитателям детских садов, школьным учителям и педагогам - Маам.ру (maam.ru) - Дата доступа: 25.09.2021.
3. Стартовая площадка. Какими должны быть дворы для детей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: Стартовая площадка. Какими должны быть дворы для детей :: Город :: РБК Недвижимость (rbc.ru) - Дата доступа: 25.09.2021.
4. Развитие ребенка от рождения до 17 лет [Электронный ресурс]. - Режим доступа: 7dee11d66bbd359ac51cf1038655ba85.pdf (vk.com) - Дата доступа: 25.09.2021.
5. Как и зачем детям проводить время во дворе [Электронный ресурс]. - Режим доступа: КАК И ЗАЧЕМ ДЕТЯМ ПРОВОДИТЬ ВРЕМЯ ВО ДВОРЕ? (rbc.ru) - Дата доступа: 25.09.2021.

УДК 711.58

ФОРМИРОВАНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДВОРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

Р.М. ДУБИНА, А.Е. КОВАЛЕНКО
(Представлено: *В.И. МАТВЕЙЧУК*)

В данной статье представлен краткий анализ одного из дворовых пространств многоквартирных жилых домов в городе Новополоцке, выявлены достоинства и недостатки придомовой территории, а также представлены варианты решения некоторых проблем. Основной целью анализа является улучшение условий окружающей среды для комфортного проживания людей.

Введение. Благоустройство и озеленение жилых и общественных территорий в настоящее время занимает важное место в формировании гармоничной городской среды. Специалисты в сфере архитектуры и дизайна стремятся создать максимально комфортное пространство, которое будет не только эстетично, а функционально и безопасно, будет отвечать потребностям и интересам различных групп населения [1].

Массовое типовое строительство второй половины XX века вызвано проблемой дефицита жилья в городах. Дома строились в быстрые сроки, что, соответственно, сказалось на некоторых качествах жилья, а, следовательно, и на благоустройстве дворовых пространств [2]. Состояние большинства придомовых территорий многоквартирных жилых домов 60-80-х годов постройки не соответствуют современным нормативным требованиям СН 3.01.03-2020 «Строительные нормы Республики Беларусь. Планировка и застройка населенных пунктов», а также потребностям и интересам горожан.

Под благоустройством территории мы понимаем целый комплекс работ по формированию рационально наполненного земельного участка, включая озеленение, изменение ландшафта, расстановки малых архитектурных форм и т.д. [1].

Внешнее благоустройство территории состоит из следующих элементов: освещение, озеленение, малые архитектурные формы [3].

Основная часть. Для того, чтобы сформировать комфортные дворовые пространства в уже существующей застройке города необходимо проводить детальный анализ территории.

Основные задачи данного анализа - выявление недостатков и достоинств исследуемого пространства, создание рекомендаций по улучшению исследуемой территории.

Далее, для наибольшей наглядности, будет проведен анализ одного из дворовых пространств города Новополоцка, расположенного на пересечении улиц Молодежная и Юбилейная (рис. 1.).



Рисунок 1. – Опорный план территории

Территория со всех сторон ограничена многоквартирными жилыми домами №1 и 2А по ул.Юбилейная, 82 и 84 по ул.Молодежная. За жилым домом №82 находится автомобильная дорога, а первый этаж дома №1 и №2А является общественным пространством: страховая компания, медицинский центр, агентство недвижимости, продуктовый магазин, магазин канцелярии, аптека.

В ходе анализа были выявлены следующие достоинства:

- высокая степень озеленения территории;
- хорошее состояние деревьев и кустов;
- площадки для мусора имеют ограждение;
- достаточное количество скамеек и урн для мусора рядом с подъездами;
- территория примыкает к общегородскому многофункциональному центру города, что формирует хороший доступ к объектам обслуживания.

И определены недостатки:

- неудовлетворительное состояние покрытий проездов вдоль домов;
- дворовое пространство не защищено от пешеходного транзита, не сформировано уютное пространство для отдыха жителей домов;
- система пешеходных связей, в основном, представлена спонтанными, неорганизованными пешеходными связями (тропинками) (рис. 2.);



Рисунок 2. – Тропиночная сеть дворового пространства

- автомобили паркуются прямо на проездах, поскольку отсутствует необходимое количество организованных мест для хранения личного автотранспорта, есть одна парковка, вдоль общественного здания по ул.Юбилейная №2А;
- освещение присутствует только над дверью подъездов (рис. 3.), что создает не безопасную среду (можно упасть) и психологический дискомфорт;



Рисунок 3. – Освещение территории

– отсутствуют организованные игровые, спортивные площадки, площадки для отдыха взрослого населения, для выгула собак, их благоустройство представлено несколькими малыми формами (пара качелей, стойки для сушки белья) (рис. 4.);



Рисунок 4. – Детская площадка

– площадка для сбора мусора находится близко к жилым домам, а также к хозяйственно-бытовой площадке.

Заключение. Формирование комфортной среды на дворовых территориях является залогом гармоничного развития общества. Благоустроенные дворы позволяют формировать благоприятную среду для установления тесных связей горожан друг с другом, и способствуют гармоничному развитию личности.

Таким образом, определив общие достоинства и недостатки в организации дворовых территорий, можно сделать вывод, что благоустройство пространств на данном этапе не находится на должном уровне, требуя создания и преобразования окружающей среды в комфортное и безопасное для пребывания пространство.

Ниже представлены основные проблемы и рекомендации по их разрешению (табл. 1).

Таблица 1. – Рекомендации по разрешению недостатков дворовых территорий

Основные недостатки	Предложение по решению
Неудовлетворительное состояние покрытия проездов вдоль домов.	Ремонт проездов, с заменой старого покрытия и выделением вдоль проездов тротуаров
Система пешеходных связей, в основном, представлена спонтанными, неорганизованными пешеходными связями (тропинками).	Замена грунтового покрытия на плитку или другие современные материалы.
Автомобили паркуются прямо на проездах, поскольку отсутствует необходимое количество организованных мест для хранения личного автотранспорта, есть одна парковка, вдоль общественного здания по ул.Юбилейная №2А.	Создание организованных мест для хранения личного автотранспорта с размещением их за пределами дворовых территорий, для создания более безопасного пространства.
Освещение присутствует только над дверью подъездов, что создает не безопасную среду (можно упасть) и психологический дискомфорт.	Установка энергосберегающих фонарей на всей территории, которые обеспечат необходимый уровень освещенности.
Отсутствуют организованные игровые, спортивные площадки, площадки для отдыха взрослого населения, для выгула собак, их благоустройство представлено несколькими малыми формами.	Установка необходимого минимума площадок, который требуется СН 3.01.03-2020 «Строительные нормы Республики Беларусь. Планировка и застройка населенных пунктов».
Близкое расположение площадки для мусора к домам и хозяйственно-бытовой площадке.	Вынесение площадки на нормативное расстояние, установка ограждения, обеспечение современным оборудованием для сбора отходов (мусорными баками, которые могут закрываться).

Дворовая территория – это пространство, которое объединяет различные группы населения по интересам. На этой территории формируются временные социальные группы. Всё должно функционировать как единое целое, удовлетворяя потребности всех пользователей [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные принципы и правила благоустройства дворовых территорий различных морфотипов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://esj.today/PDF/54SAVN120.pdf> - Дата доступа: 23.09.2021.
2. Анализ дворовых пространств районов с пятиэтажной застройкой [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dvorovyh-prostranstv-rayonov-s-pyatietazhnoy-zastrojkoj/viewer> - Дата доступа: 23.09.2021.
3. Анализ состояния внешнего благоустройства территории городского округа Саранск [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012003123> - Дата доступа: 23.09.2021.
4. СН 3.01.03-2020 «Строительные нормы Республики Беларусь. Планировка и застройка населенных пунктов», Мн: Минстройархитектуры РБ, 2021.

УДК 72.013

АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

Р.М. ДУБИНА, А.Е. КОВАЛЕНКО
(Представлено: **В.И. МАТВЕЙЧУК**)

В данной статье рассматриваются особенности влияния архитектуры на психо-эмоциональное состояние человека. Проведены краткие исследования о том, как архитектура влияет на психосоматическое здоровье, поведение, интеллектуальное и социальное развитие.

Введение. Архитектура является неотъемлемой частью жизни человека и принимает участие в формировании его бытовой жизни и труда. Вся деятельность людей находится во взаимодействии с архитектурной средой. Она сводится к двум основным понятиям: визуальная система, образованная такими элементами как: здания, сооружения, их оснащение, а также благоустроенные пространства между ними; взаимодействие человека с предметной средой, окружающей его.

Архитектурная среда может быть спроектирована в соответствии со всеми новейшим тенденциям, веяниям и эргономическим параметрам, но в конечном итоге быть отвергнутой обществом или отдельным человеком. Это значит, что архитектурная среда может вызывать не только положительные, но и отрицательные эмоции (психологический эмоциональный дискомфорт) [1].

Основная часть. Выделяют следующие основные параметры, которые оказывают влияние на то, как человек воспринимает архитектурную среду [2]:

1. Насыщенность стрессообразующими факторами (экологические факторы, антропогенные факторы, перенасыщенность раздражителями т.п.);
2. Социальная направленность среды (участие в развитии или сдерживании социальных взаимодействий);
3. Ориентационный фактор (использование города жителями в соответствии со своими представлениями и ценностями);
4. Наполненность эмоциями (эстетика предметно-пространственной среды);
5. Культурно-образовательный фактор (город как интеллектуальная, культурная и образовательная среда);
6. Возможность участия в принятии решений (как жители воспринимают конкретные решения по развитию их среды обитания, и насколько полно они участвуют в принятии таких решений).

Окружающая среда состоит из различных геометрических фигур, цвета, материала, а они, в свою очередь, имеют большое влияние на психологию человека. Также важными элементами являются пространство и благоустройство территории. Далее они будут подробно рассмотрены.

1. Форма. Простые и сложные формы (рис.1), формы с острыми углами или полностью круглые – эти элементы люди воспринимают по-разному. Следовательно, это влияет на человеческую жизнедеятельность, эмоции, поведение, мысли, настроение. Различные формы поверхностей по-разному распределяют внимание зрителя. В отличие от сложных и неправильных, простые геометрические формы легче и быстрее воспринимаются и легче запоминаются. Несбалансированные формы доставляют дискомфорт [3].



Рисунок 1. – Пример простой и сложной формы в архитектуре

Форма линий также оказывает определенное влияние на восприятие окружающей обстановки. Вертикальные и горизонтальные прямые линии вызывают ощущение спокойствия, ясности и даже солидарности, а изогнутые (рис.2) – изящество и лёгкость. Зигзагообразные линии производят впечатление резкой перемены, концентрации сил, быстрого выброса энергии [3].



Рисунок 2. – Пример прямых и изогнутых линий в архитектуре

2. Пространство. Ученые утверждают, что наблюдение за красотой окружающей среды положительно влияет на физическое и эмоциональное благополучие человека. Эстетически приятные виды или отдельные элементы и формы, которые вкраплены в среду обитания человека, вызывают не только определенный интерес, но и сильные положительные эмоции - удовольствие, радость, наслаждение, любовь. А такие переживания, в свою очередь, создают ощущения бодрости, потребность и желание действовать.

По статистике, люди, которые живут в удобных и красивых городах, с озелененными дворами, наиболее счастливые люди. В такой среде дети лучше развиваются, а у пожилых сохраняется интерес к жизни.

Часто в странах СНГ происходит непонимание и отвержение человеком окружающей его архитектурной среды. Это выражается в резкой критике пространства, с точки зрения ее эстетичности. Горожане заявляют о том, что окружающая среда их «напрягает», вызывает астенические (нерадостные) эмоции, плохо влияет на поведение человека. Все это связано с массовой застройкой совершенно одинаковых домов в послевоенный период. Застройка однотипных сооружений (рис.3) началась из-за необходимости создать большое количество квартир в невероятно маленькие временные сроки. При этом все делалось без учета элементарных психологических принципов восприятия человеком пространства [4].



Рисунок 3. – Типовая 9-ти и 5-ти этажная застройка в СССР

Монотонность с большим количеством «прямоугольной» архитектуры, домов одинаковых по цвету с огромным количеством однотипных элементов - всё это создает среду, которая абсолютно не похожа на естественную, природную. В последствии изменяется поведение людей, такие «агрессивные» территории городов на сегодняшний день провоцируют людей на определенные действия и увеличивают риск появления и развития преступности и несчастных случаев. Статистика показывает, что в районах типовой застройки заметен наивысший показатель суицидов, криминала и преступлений. Кроме этого, экспертами отмечено, что детская преступность в «спальных районах» приблизительно в 7 раз выше, чем в центре [4].

3. Цвет и материал. Цвет – это один из главных моментов в проектировании сооружений. Цвет и его оттенки также влияют на человека. Ниже приведены примеры [5]:

- оранжево-красный возбуждает, увеличивает частоту сердцебиения и повышает давление;
- синий цвет темных оттенков оказывает успокаивающее действие, способствует физическому и ментальному расслаблению;
- серый цвет предрасполагает к меланхолии;
- желтый - поднимает настроение и активизирует работу мозга;
- зеленый - снимает нервную и зрительную усталость.

Естественное освещение положительно влияет на психику. Благодаря солнцу вырабатываются серотонин и мелатонин, недостаток которых приводит к меланхолии и нарушению биологических часов. Кроме количества цвета, важна еще и температура:

- холодные оттенки проводят параллель с днём, когда у человека больше энергии;
- теплые оттенки ассоциируются с вечерним временем или рассветным солнцем, когда организм расслаблен.

Различные материалы также влияют на эстетическую и тактильную стороны здания. За их счёт здание может визуально выделяться, оставлять положительное или отрицательное впечатление.

Малые архитектурные формы, помимо своей непосредственной функции, украшают, разграничивают, функционально зонировуют (организовывают) территории и способствуют созданию стиливой общности, полного визуального впечатления от окружающей урбанизированной среды. Их используют при проектировании и благоустройстве городских пространств – жилой застройки, общественных мест, в парках, садах и частных домах. Элементы архитектуры малых форм способствуют оформлению городской среды, как сбалансированного комплекса элементов [6].

Сегодня, покидая здания, люди стремятся погрузиться в экологически чистую, эстетичную среду, которая органично вписывается в городской ритм.

Малые архитектурные формы (рис.4), которые используются в благоустройстве, могут быть не только самостоятельными элементами, но и включаются в общую композицию развития территории как функциональная часть.



Рисунок 4. – Негативный и позитивный пример малой архитектурной формы

Повышенные требования предъявляются к организации жилой среды, в состав которой входит дворовое пространство, потому что оно напрямую связано с жизнедеятельностью человека.

Во дворе происходит большое количество социальных процессов. Это пространство может быть территорией для общения, занятий активным отдыхом, местом для интеллектуальных игр, например, шахматы, шашки. На территории двора формируются временные социальные группы, для которых необходимо обеспечить удобство и комфорт пребывания. Все должно функционировать как единое целое, удовлетворяя потребности всех пользователей. С функциональностью двора стоит не забывать и об его эстетической части, чтобы каждому жителю было приятно отдыхать и находиться в нём (рис.5).



Рисунок 5. – Негативный и позитивный пример организации дворового пространства

Заключение. Приведённые примеры доказывают то, что архитектура может сильно влиять на сознание людей и формировать определенный подходящий тип социального поведения. Можно сказать, что архитектура наших дней оказывает не самое лучшее влияние на организм, физическое и психологическое состояние, здоровье человека. Монотонность и однообразность жилых зданий угнетает людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эмоциональное восприятие архитектурной среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnoe-vozpriyatie-arhitekturnoy-sredy/viewer> - Дата доступа: 23.09.2021.
2. Резонансное восприятие архитектурной среды как фактор здоровья и поведения человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/46142351-Rezonansnoe-vozpriyatie-arhitekturnoy-sredy-kak-faktor-zdorovya-i-povedeniya-cheloveka.html> - Дата доступа: 23.09.2021.
3. Влияние архитектурных форм на эмоциональное состояние человека [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016023384> - Дата доступа: 23.09.2021.
4. Влияние архитектуры и архитектурной среды на психологическое состояние человека. Мировой опыт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://synergy-journal.ru/archive/article3757> - Дата доступа: 23.09.2021.
5. Влияние архитектуры зданий на психологическое состояние человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/261/60383/> - Дата доступа: 23.09.2021.
6. Малые архитектурные формы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wp.wiki-wiki.ru/wp/index.php/Малые_архитектурные_формы - Дата доступа: 23.09.2021.

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

<i>Беседин П. А., Баранок А. Ю.</i> Мировые проекты вертикального озеленения	3
<i>Беседин П. А., Баранок А. Ю.</i> Вертикальное озеленение в Беларуси	6
<i>Брытиков Н. В.</i> Дирижабль как мобильная гостиница	9
<i>Жищенко М. С., Хрищанович А. О.</i> Цвет и ребенок	12
<i>Жищенко М. С., Хрищанович А. О.</i> Архитектура дошкольных учреждений за рубежом	14
<i>Жищенко М. С., Хрищанович А. О.</i> Архитектура детских дошкольных учреждений Беларуси	17
<i>Змитрович Д. П.</i> Функционально-художественный подход к световой среде помещений	20
<i>Коновалова Е. А., Пращеник Е. Г.</i> Благоустройство пустующих озелененных пространств города как средство социального взаимодействия и развития горожан	23
<i>Коновалова Е. А., Пращеник Е. Г.</i> Создание системы озелененных благоустроенных пространств в городской среде	27
<i>Рацинский Н. В.</i> Обзор зданий, напечатанных при помощи аддитивных технологий американскими строительными компаниями	30
<i>Рацинский Н. В.</i> Развитие аддитивных технологий в Германии	34
<i>Тарасова М. А., Тарасова Т. А.</i> Анализ градостроительной ситуации микрорайона №8. Планировочное, композиционное решение	37
<i>Тарасова М. А., Тарасова Т. А.</i> Анализ градостроительной ситуации микрорайона №7. Планировочное решение	40

ГЕОДЕЗИЯ

<i>Алексеева К. С.</i> Дополненная реальность и ее применение для решения геопространственных задач	43
<i>Алексеева К. С.</i> Программное обеспечение дополненной реальности для геодезической отрасли	48
<i>Бизня Е. В., Панкова А. А.</i> Определение параметров связи международной общеземной системы отсчета и местной системы координат	51
<i>Бизня Е. В., Панкова А. А.</i> Использование библиотеки proj4 для преобразования координат	55
<i>Воронова Д. В., Авласевич Д. Д.</i> Классификация беспилотных летательных аппаратов и их использование для целей аэросъемки	59
<i>Воронова Д. В., Авласевич Д. Д.</i> Программное обеспечение для обработки данных с беспилотных летательных аппаратов	63
<i>Давидовская А. И., Игнатенко К. В.</i> Влияние вулканов на планету Земля: польза и опасность для людей	65
<i>Давидовская А. И., Игнатенко К. В.</i> Общие представления о вулканах и их роли в формировании Земли и развитии цивилизации	68
<i>Давидовская А. И., Игнатенко К. В.</i> Роль геодезистов в исследовании вулканов на примере полуострова Камчатка	70
<i>Кулик О. Б., Савлевич А. С.</i> Современные требования к инженеру на геодезическом предприятии	74
<i>Кулик О. Б., Савлевич А. С.</i> Анализ требований к знаниям и умениям при подготовке инженеров для геодезической отрасли	77
<i>Кураш А. В., Мысливец М. В.</i> Исторические аспекты развития военной топографии	79
<i>Кураш А. В., Мысливец М. В.</i> Современная навигационно-топографическая служба Республики Беларусь	82

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<i>Jinbin Yuan</i> To the question of studying the convective properties of thermal insulating materials	86
<i>Баранок А. Ю., Беседин П. А.</i> «Неординарные» строительные материалы для строительства «экодома»	90
<i>Баранок А. Ю., Беседин П. А.</i> Инновационные материалы Полоцкого университета для строительства «экодома»	93

<i>Белоусов А. В., Ципан Г. О.</i> Способы повышения водостойкости гипсовых вяжущих	96
<i>Белоусов А. В., Ципан Г. О.</i> Ресурсосберегающие составы и технологии получения гипсовых вяжущих и изделий на их основе	99
<i>Игнатьева Я. Д.</i> Направления использования промышленных отходов в асфальтобетонных смесях	102
<i>Петеренко И. А.</i> Сорбционная влажность структурообразующих материалов и тростниковосоломенных теплоизоляционных плит	109
<i>Ращинский Н. В.</i> Разновидности строительных материалов для аддитивных технологий в строительстве	112
<i>Ращинский Н. В.</i> Способы возведения стен при помощи аддитивных технологий	116

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

<i>Jinbin Yuan</i> Smart wall panel	119
<i>Белоусов А. В.</i> Определение прочности изделий на органическом вяжущем с помощью «бразильского» и акустико-эмиссионного методов	122
<i>Белоусов А. В.</i> Применения «бразильского метода» для определения прочности бетонных Конструкций	124
<i>Беседин П. А., Баранок А. Ю.</i> Инновационные подходы при строительстве Лондонского олимпийского стадиона	126
<i>Беседин П. А., Баранок А. Ю.</i> Монументальный памятник олимпийских игр – Пекинский национальный стадион	129
<i>Василенко А. С., Родевич И. Д.</i> Повышение производительности труда на пример кровельных работ	132
<i>Родевич И. Д., Василенко А. С.</i> Жизненный цикл зданий. Уменьшение технологического цикла зданий	135
<i>Колтунов А. А.</i> Использование пенобетона в качестве перекрытий жилых малоэтажных зданий	137
<i>Колтунов А. А.</i> Экспериментальные исследования анкеровки арматуры с пенобетоном различной плотности	141
<i>Мацкевич Я. Н., Стук А. С.</i> Деформационный метод расчета сжатых армокаменных элементов с учетом СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции»	144
<i>Мацкевич Я. Н., Стук А. С.</i> Верификация деформационного метода расчета сжатых Армокаменных элементов с учетом СП 5.02.01-2021 «Каменные и армокаменные конструкции»	149
<i>Синявская Л. В.</i> Испытание новых (нестандартизированных) типов анкеров (метод отрыв со скалыванием) и получение соответствующего коэффициента перехода, учитывающего глубину его вырыва из конструкции	153
<i>Синявская Л. В.</i> Влияние подготовки поверхности на проведение испытаний по контролю прочности бетона неразрушающими методами	156

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

<i>Богданович Н. А.</i> Актуальность проблемы выбросов природного газа в атмосферу и их источники	159
<i>Гурецкая Д. В., Дорофеев Е. Ю., Шибeko А. А.</i> К вопросу учета декарбонизации при решении задач энергосбережения в системах теплогазоснабжения и вентиляции	162
<i>Захаров А. Р.</i> Модернизация технологической схемы выработки газа из шлейфов-газопроводов	164
<i>Качина В. А., Путрова Ю. В.</i> Причины поступления аммонийного азота в подземные воды	167
<i>Козлов Е. А.</i> Анализ факторов, влияющих на техническое состояние магистральных газопроводов Беларуси	170
<i>Козлов Е. А.</i> Разработка методики оценки технического состояния магистральных газопроводов Беларуси	172
<i>Рогов Н. М.</i> Об актуальности увеличения пропускной способности системы магистральных нефтепродуктопроводов Республики Беларусь	173
<i>Рогов Н. М.</i> Увеличение пропускной способности системы магистральных нефтепродуктопроводов с совместным использованием различных инженерно-технических решений	176
<i>Савельева В. О.</i> О потенциальном использовании внутреннего антифрикционного полимерного покрытия на магистральных нефтепродуктопроводах	180

Савельева В. О. Обзор теоретических перспективных методов по снижению гидравлических потерь в трубопроводном транспорте	183
Сарело Д., Студенкова М. О возможности перспективного применения гидрофобных и супергидрофобных модифицированных внутренних покрытий трубопроводов в трубопроводном транспорте	186
Сарело Д., Студенкова М. О преимуществах внедрения метода гидрофобизации внутренних покрытий трубопроводов и оборудования магистрального трубопроводного транспорта	188
Яковлева В. А., Дорофеев Е. Ю. Исследование фактического потребления воды в системах горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов	190
Петеренко И. А. Влияние соломы на коэффициент теплопроводности изоляции, содержащей измельченный тростник.....	193
Дубина Р.М., Коваленко А.Е. Влияние уровня благоустройства детских площадок на умственное и физическое развитие детей.....	196
Дубина Р.М., Коваленко А.Е. Формирование комфортных условий существующих дворовых пространств	199
Дубина Р.М., Коваленко А.Е. Архитектурная среда и психоэмоциональное состояние человека.....	203